• Budi Utami • Agung Nugroho CS • Lina Mahardiani
• Sri Yamtinah • Bakti Mulyani

KIMIA

Untuk SMA/MA Kelas XII Program Ilmu Alam







3

PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

KIMIA 3
Untuk SMA/MA Kelas XII Program Ilmu Alam
• Budi Utami • Agung Nugroho CS • Lina Mahardiani
• Sri Yamtinah • Bakti Mulyani

KIMIA

UNTUK SMA dan MA KELAS XII
Program Ilmu Alam

Penulis:
Budi Utami,
Agung Nugroho Catur Saputro,
Lina Mahardiani,
Sri Yamtinah,
Bakti Mulyani.

PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi oleh Undang-undang

K I M I A
untuk SMA dan MA Kelas XII

Seting/Lay-out : Tim. Seting

540.7
KIM Kimia 3 : Untuk SMA/MA Kelas XII Program Ilmu Alam /
Penulis Budi Utami…{ et al} ; Editor Giyarti . — Jakarta :
Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009..
vii, 210 hlm. :ilus : 25 cm.

Bibliografi ; hlm. 201-202
Indeks
ISBN 978-979-068-179-8 (No.Jil.Lengkap)
ISBN 978-979-068-185-9

1. Kimia-Studi dan Pengajaran 2. Giyarti 3. Judul

Hak Cipta Buku ini telah di beli oleh Departemen Pendidikan Nasional
dari Penerbit CV.Haka Mj

Diterbitkan Oleh Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional
Tahun 2009

Diperbanyak Oleh

Kata Sambutan

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Departemen Pendidikan Nasional, pada tahun 2008, telah membeli hak cipta buku teks pelajaran ini dari penulis/penerbit untuk disebarluaskan kepada masyarakat melalui situs internet (website) Jaringan Pendidikan Nasional.

Buku teks pelajaran ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan dan telah ditetapkan sebagai buku teks pelajaran yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 Tahun 2007 tanggal 25 Juni 2007.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para penulis/penerbit yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para siswa dan guru di seluruh Indonesia.

Buku-buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (down load), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun, untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Diharapkan bahwa buku teks pelajaran ini akan lebih mudah diakses sehingga siswa dan guru di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri dapat memanfaatkan sumber belajar ini.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para siswa kami ucapkan selamat belajar dan manfaatkanlah buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, Februari 2009
Kepala Pusat Perbukuan

Kata Pengantar

Puji syukur atas selesainya penyusunan buku ini. Buku pelajaran kimia ini disusun untuk memenuhi kebutuhan bagi guru dan siswa dalam kegiatan pembelajaran kimia, sehingga para guru dan siswa mempunyai alternatif penggunaan buku sesuai dengan pilihan dan kualitas yang diperlukan.

Materi dalam buku ini disajikan dengan runtut disertai contoh-contoh dan ilustrasi yang jelas, dengan kalimat yang yang sederhana dan bahasa yang komunikatif. Penjelasan setiap materi disertai dengan gambar, tabel, serta grafik untuk memperjelas konsep yang disajikan.

Dalam menyajikan materi, buku ini dilengkapi dengan percobaan-percobaan sederhana di laboratorium, yang diharapkan akan lebih membantu meningkatkan pemahaman para siswa. Pada akhir setiap konsep juga disajikan uji kompetensi, sehingga para siswa dapat lebih memahami konsep yang dipelajari.

Akhirnya, penulis berharap buku ini akan dapat memberikan sumbangan bagi proses pembelajaran kimia. Penulis menyadari bahwa tak ada gading yang tak retak, maka kritik dan saran demi perbaikan buku ini senantiasa penulis harap dan nantikan.

Surakarta, Juni 2007

Penulis

Petunjuk Pemakaian Buku

- Buku ini terdiri dari 5 bab, setiap bab memuat:
 judul bab,
 tujuan pembelajaran,
 kata kunci,
 peta konsep,
 subbab,
 contoh soal,
 latihan,
 rangkuman, dan
 uji kompetensi.
- Di tengah dan akhir tahun diberikan ujian semester.
- Pada halaman akhir diberikan glosarium, indeks buku, dan daftar pustaka, sebagai alat bantu dan pelengkap buku.



Diunduh dari BSE.Mahoni.com

Daftar Isi

Kata Sambutan ____ iii
Kata Pengantar ____ iv
Petunjuk Pemakaian Buku ____ v
Daftar Isi ____ vi

Bab 1 Sifat Koligatif Larutan ____ 1

1.1 Konsentrasi Larutan 3
A. Molalitas (*m*) 3
B. Fraksi Mol (*x*) 4
1.2 Pengertian Sifat Koligatif Larutan 6
1.3 Sifat Koligatif Larutan Non-elektrolit 6
A. Penurunan Tekanan Uap Jenuh (ΔP) 6
B. Kenaikan Titik Didih (ΔT_b) dan Penurunan Titik Beku (ΔT_f) 9
C. Tekanan Osmotik 11
1.4 Sifat Koligatif Larutan Elektrolit 12
Rangkuman 15
Uji Kompetensi 17

Bab 2 Reaksi Redoks, Elektrokimia, dan Elektrolisis ____ 21

2.1 Reaksi Redoks 23
A. Penyetaraan Persamaan Reaksi Redoks 24
2.2 Sel Elektrokimia 28
Sel Volta 28
2.3 Sel Elektrolisis 39
A. Sel Elektrolisis Bentuk Lelehan/Cairan/Liquid 40
B. Sel Bentuk Larutan dengan Elektroda Tidak Bereaksi (Inert/Tidak Aktif) 41
C. Sel Bentuk Larutan dengan Elektrode Bereaksi (Elektrode Aktif) 43
D. Hukum Faraday I 44
E. Hukum Faraday II 47
F. Kegunaan Sel Elektrolisis 48
Rangkuman 51
Uji Kompetensi 53

Bab 3 Kimia Unsur ____ 59

3.1 Kelimpahan Unsur-unsur di Alam 61
A. Keberadaan Unsur-unsur di Alam 61
B. Kelimpahan Unsur-unsur di Kulit Bumi 61
3.2 Sifat-sifat Unsur 62
A. Halogen 62
B. Logam Alkali 64
C. Logam Alkali Tanah 67
D. Periode Ketiga 70
E. Unsur-unsur Transisi 72
3.3 Pembuatan dan Manfaat Beberapa Unsur Logam dan Senyawanya 74
A. Natrium 74
B. Magnesium 74
C. Aluminium 75
D. Besi 77
E Tembaga 79
F. Timah 80
3.4 Pembuatan Beberapa Unsur Nonlogam dan Senyawanya 80
A. Karbon dan Senyawa Karbon 80
B. Silikon 82
C. Nitrogen dan Senyawa Nitrogen 83
D. Fosforus dan Senyawa Fosforus 84
E. Oksigen 86
F. Belerang 87
G. Halogen dan Senyawa Halogen 88
3.5 Radioaktif 90
A. Sinar Alfa (α) 91
B. Sinar Beta (β) 91
C. Sinar Gama (γ) 91
A. Sebagai Perunut 92
B. Sebagai Sumber Radiasi 93
Rangkuman 94
Uji Kompetensi 97

Latihan Ulangan Umum Semester 1 ____ 101

Bab 4 Senyawa Karbon ____ 109

4.1 Gugus Fungsi Senyawa Karbon 111
A. Haloalkana 112
B. Alkohol dan Eter 113
C. Aldehida dan Keton 124
D. Asam Karboksilat dan Ester 132
Rangkuman 141

Uji Kompetensi 143

Bab 5 Benzena dan Makromolekul 151

5.1 Benzena 153
A. Rumus Struktur Benzena dan Sifat Kearomatikan 153
B. Kestabilan Cincin Benzena 154
C. Keisomeran Benzena 155
D. Tata Nama Senyawa Turunan Benzena 155
E. Sifat-sifat Benzena 157
F. Kegunaan Benzena dan Beberapa Senyawa Turunannya 160
5.2 Polimer 161
A. Reaksi Pembentukan Polimer 161
B. Penggolongan Polimer 162
C. Beberapa Polimer Penting 163
5.3 Lemak 164
A. Rumus Struktur dan Tata Nama Lemak 165
B. Klasifikasi Lemak Berdasarkan Kejenuhan Ikatan 166
C. Sifat-Sifat Lemak 167
D. Reaksi Pengenalan Lemak 170
E. Penggunaan Lemak dan Minyak dalam Kehidupan Sehari-hari 170
5.4 Karbohidrat 171
A. Struktur Karbohidrat 172
B. Penggolongan Karbohidrat 173
C. Hidrolisis Disakarida dan Polisakarida 174
D. Selulosa dan Modifikasi Kimianya 175
E. Reaksi Pengenalan Karbohidrat 176
5.5 Protein 176
A. Asam Amino 177
B. Penggolongan Asam Amino 178
C. Peptida 179
D. Protein 180
Rangkuman 182
Uji Kompetensi 184

Latihan Ulangan Umum Semester 2 191

Glosarium 195

Indeks 198

Daftar Pustaka 201

Lampiran 203

Kunci 206



BAB 1

Sifat Koligatif Larutan



Tujuan Pembelajaran:

Setelah mempelajari bab ini, Anda diharapkan mampu:

1. Menjelaskan pengertian molalitas zat.
2. Menghitung molalitas suatu larutan.
3. Menghitung massa zat terlarut jika diketahui molalitas-nya.
4. Menentukan harga M_r zat terlarut jika diketahui molalitas-nya.
5. Menentukan fraksi mol suatu zat dalam larutan.
6. Menjelaskan pengertian sifat koligatif larutan.
7. Menghitung penurunan tekanan uap jenuh larutan elek-trolit dan nonelektrolit.
8. Menentukan harga M_r zat terlarut berdasarkan persamaan penurunan tekanan uap.
9. Menghitung kenaikan titik didih larutan elektrolit dan nonelektrolit.
10. Menentukan harga M_r zat terlarut berdasarkan persamaan kenaikan titik didih larutan.
11. Menghitung penurunan titik beku larutan elektrolit dan nonelektrolit.
12. Menentukan harga M_r zat terlarut berdasarkan persamaan penurunan titik beku larutan.
13. Menentukan tekanan osmotik larutan elektrolit dan non-

Kata Kunci

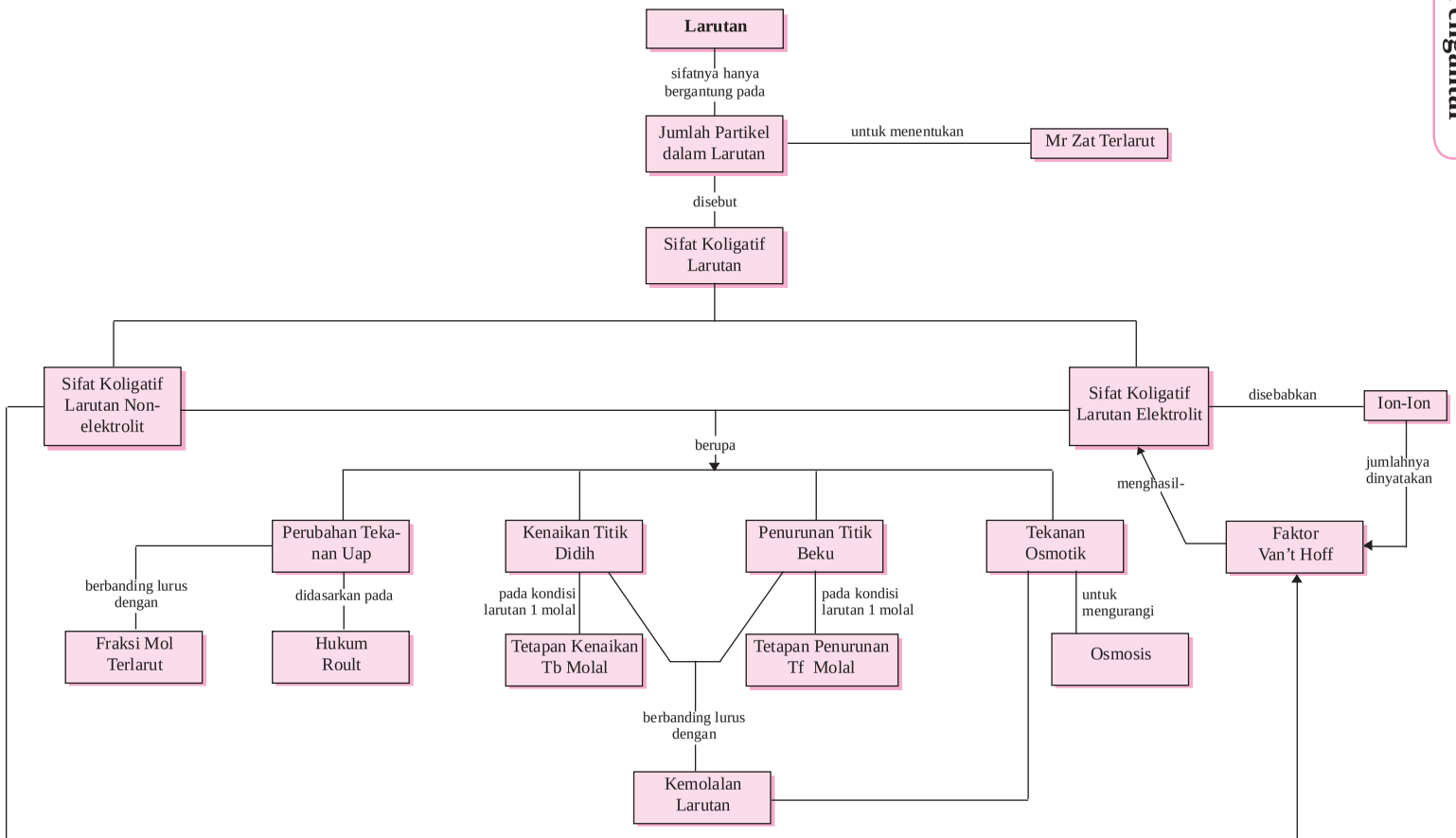
Molalitas, fraksi mol, konsentrasi partikel zat telarut, penurunan teka-nan uap jenuh, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, te-kanan

Pengantar

Pernahkah Anda memperhatikan ibu ketika memasak sayur atau membuat kolak pisang? Saat kuah bergolak atau mendidik dan kemudian sayuran dimasukkan maka kuah akan berhenti mendidih. Juga ketika kuah kolak yang mendidih dimasuki gula atau pisang, maka kuah juga berhenti mendidih selanjutnya kuah akan mendidih lagi jika pemanasan dilanjutkan. Mengapa demikian?

Pertanyaan di atas akan terjawab setelah kalian mempelajari sifat koligatif larutan yang di bahas pada bab ini. Apa yang dimaksud dengan sifat koligatif larutan dan sifat larutan apa saja yang termasuk di dalamnya? *Sifat koligatif larutan* adalah sifat larutan yang hanya bergantung pada konsentrasi partikel zat terlarut, tetapi tidak bergantung pada jenis zat terlarutnya. Sifat koligatif larutan meliputi empat sifat, yaitu: penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan osmotik.

Sifat Koligatif Larutan



Dalam bab ini akan dibahas sifat koligatif larutan nonelektrolit dan elektrolit serta penggunaan sifat koligatif untuk menentukan massa molekul relatif (M_r) suatu zat, serta penggunaan sifat koligatif dalam kehidupan sehari-hari, tetapi sebelumnya akan dibahas tentang molalitas dan fraksi mol.

1.1 Konsentrasi Larutan

Konsentrasi larutan yang dipelajari dalam bab ini adalah *molalitas* dan *fraksi mol*, sedangkan molaritas sudah dibahas di kelas XI.

A. Molalitas (*m*)

Molalitas menyatakan jumlah mol zat terlarut di dalam setiap 1 kg (1.000 gram) pelarut.
Molalitas dapat dirumuskan:

$$m = \frac{n}{p} \qquad (1.1)$$

dengan: m = molalitas
n = mol zat terlarut
p = massa zat pelarut (gram)

Bila g gram zat terlarut dilarutkan dalam p gram zat pelarut dengan massa rumus relatif (M_r), maka molalitas dapat juga dirumuskan menjadi:

$$m = \frac{g}{M_r} \times \frac{1.000}{p} \qquad (1.2)$$

dengan: g = massa zat terlarut (gram)
p = massa zat pelarut (gram)
M_r = massa rumus zat terlarut

Contoh 1.1

1. Sebanyak 1,8 gram glukosa, $C_6H_{12}O_6$ dilarutkan ke dalam 100 gram air (A_r C =12, H = 1, O = 16). Tentukan molalitas larutan glukosa tersebut!

 Jawab:

 $$m = \frac{g}{M_r} \times \frac{1.000}{p}$$

 $$m = \frac{1,8}{180} \times \frac{1.000}{100}$$

 $$m = 0,1$$

 Jadi, molalitas $C_6H_{12}O_6$ = 0,1 m.

2. Tentukan banyaknya (gram) NaOH yang harus dilarutkan dalam 1 liter air ρ (air = 1,00 g/mL) agar diperoleh NaOH 0,25 m.

Jawab:

1 L air = 1.000 mL= 1.000 g (karen ρ_{air} = 1,00 g/mL)

m_{NaOH} $\quad \frac{g}{M_r} \cdot \frac{1.000}{p}$

0,25 $\quad \frac{g}{40} \cdot \frac{1.000}{1.000}$

0,25 $\quad \frac{g}{40}$

g = 10 gram

Jadi, banyaknya NaOH yang diperlukan adalah 10 gram.

3. Tentukan berapa mL volume air yang diperlukan untuk melarutkan 4,9 gram H_2SO_4 yang konsentrasinya 0,25 *M* (A_r H = 1; S = 32; O =16)!

Jawab:

$m \quad \frac{g}{M_r} \times \frac{1.000}{p}$

0,25 $\quad \frac{4,9}{98} \times \frac{1.000}{p}$

p = 20 gram (20 mL)

Jadi, volume air = 20 mL.

Latihan 1.1

Kristal NaOH dan KOH dengan massa yang sama dilarutkan dalam sejumlah pelarut yang sama pula. Bila A_r K = 39 dan Na = 23, manakah larutan yang memiliki molalitas lebih tinggi dari kedua larutan tersebut?

B. Fraksi Mol (*x*)

Fraksi mol menyatakan perbandingan mol suatu zat dengan jumlah mol campuran.

Misal *a* mol zat *p* dicampurkan dengan *b* mol zat *q*, maka:

$$x_p = \frac{a}{a+b} \qquad (1.3)$$

$$x_q - \frac{b}{a+b} \qquad (1.4)$$

$$x_p + x_q = 1 \qquad (1.5)$$

Contoh 1.2

1. Sebanyak 90 gram glukosa, $C_6H_{12}O_6$ dilarutkan dalam 360 mL air (A_r C = 12, H = 1, O = 16). Tentukan fraksi mol masing-masing zat!

 Jawab:

 $n_{C_6H_{12}O_6} = \frac{90}{180} = 0{,}5$ mol

 $n = \frac{360}{18} = 20$ mol

 $x_{C_6H_{12}O_6} = \frac{0{,}5}{20 + 0{,}5} = \frac{0{,}5}{20{,}5} = \frac{1}{41}$

 $x_{H_2O} = 1 - \frac{1}{41} = \frac{40}{41}$

2. Fraksi mol urea, $CO(NH_2)_2$ di dalam air adalah 0,4. Tentukan berapa massa urea dan air yang terdapat dalam campuran tersebut?

 Jawab:

 $x_{urea} = 0{,}4 = \frac{4}{10}$

 Berarti $n_{urea} = 4$ mol

 $n_{air} = 10 - 4 = 6$ mol

 massa urea = $4 \times 60 = 240$ gram

 massa air = $6 \times 18 = 108$ gram

3. Berapa fraksi mol 46 gram toluena (C_7H_8) dan 117 gram benzena (C_6H_6) dalam larutan? (A_r C = 12, H = 1)

 Jawab:

 $n_{C_7H_8} = \frac{46}{92} = 0{,}5$ mol

 $n_{C_6H_6} = \frac{117}{78} = 1{,}5$ mol

 $x_{C_7H_8} = \frac{0{,}5}{0{,}5 + 1{,}5} = \frac{0{,}5}{2} = \frac{1}{4}$

 $x_{C_6H_6} = 1 - \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$

Bila *a* mol HCl dilarutkan dalam *b* mol air, kemudian kedua campuran tersebut ditambahkan sejumlah air, bagaimana perubahan fraksi mol dari kedua zat tersebut?

Latihan 1.2

Pengertian Sifat Koligatif Larutan

Kalau kita melarutkan suatu zat terlarut dalam suatu pelarut murni, maka kemungkinan besar akan terjadi hal-hal sebagai berikut.

1. Pada larutan akan lebih sukar menguap jika dibandingkan pelarut murninya

karena pada larutan mengalami penurunan tekanan uap akibat adanya partikel terlarut.

2. Jika dididihkan, larutan akan mendidih pada suhu yang lebih tinggi jika dibandingak pelarut murninya. Akibat adanya partikel terlarut akan terjadi kenaikan titik didih.
3. Jika dibekukan, larutan akan membeku pada suhu yang lebih kecil atau dibawah suhu membeku pelarut murniya. Akibat adanya partikel terlarut akan terjadi penurunan titik beku.
4. Jika larutan dihubungkan dengan pelarut murninya melewati membran semi-permiabel, maka larutan akan mengalami volume akibat tekanan osmotik.

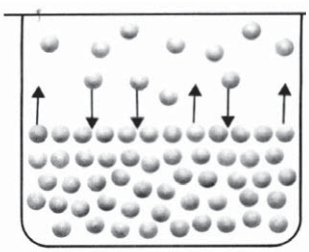
Besarnya perubahan keempat sifat tersebut bergantung pada jumlah partikel zat terlarut dalam larutan. Sifat yang hanya bergantung pada jumlah partikel zat terlarut dan tidak bergantung pada jenis zat terlarut disebut *sifat koligatif larutan*.

1.3 Sifat Koligatif Larutan Nonelektrolit

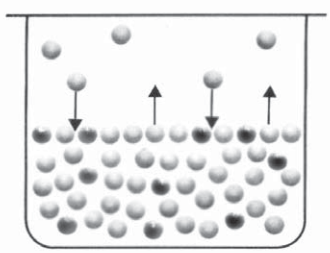
A. Penurunan Tekanan Uap Jenuh (ΔP)

Bila kita mengamati pada peristiwa pe-nguapan, ketika partikel-partikel zat cair meninggalkan kelompoknya. Bila zat cair disimpan dalam ruang tertutup yang hampa udara, maka sebagian dari partikel-partikel zat cair akan menguap, sedangkan zat cair yang telah menjadi uap akan kembali menjadi zat cair (mengembun). Tekanan uap yang ditimbulkan pada saat tercapai kondisi kesetimbangan dinamakan *tekanan uap jenuh*.

Dari hasil pengukuran data-data eksperimen ternyata diketahui bahwa tekanan uap jenuh larutan lebih rendah daripada tekanan uap jenuh pelarut murni, mengapa? Perhatikan gambar 1.2. Dalam suatu larutan, partikel-partikel zat terlarut akan menghalangi gerak molekul-molekul pelarut untuk berubah menjadi bentuk gas (uap)(ada interaksi molekul antra zat terlarut dengan pelarutnya). Oleh karena itu tekanan uap jenuh larutan lebih rendah daripada tekanan uap jenuh pelarut murni. Makin lemah gaya tarik-menarik molekul-molekul zat cair, makin mudah zat cair tersebut menguap, maka makin besar pula tekanan uap jenuhnya.



Gambar 1.1 Peristiwa penguapan zat cair dalam ruang tertutup sampai mencapai kondisi kesetimbangan antara laju penguapan dan laju pengembunan. Sumber: General Chemistry, Principles and Structure, James E. Brady, 1990



Gambar 1.2 Tekanan uap jenuh pelarut lebih besar daripada tekanan uap jenuh larutan ($P^o > P$). Sumber: General Chemistry, Principles and Structure, James E. Brady, 1990

Selisih antara tekanan uap jenuh pelarut murni dengan tekanan uap jenuh larutan disebut *penurunan tekanan uap jenuh*.

$$\Delta P = P° - P$$

(1.6)

Pengaruh konsentrasi zat terlarut terhadap penurunan tekanan uap jenuh dapat dijelaskan dengan *hukum Rault* sebagai berikut.

$$P = x_{\text{pelarut}} \cdot P^\circ \qquad (1.7)$$

Dari persamaan (1.6) dan (1.7) dapat kita turunkan suatu rumus untuk menghitung penurunan tekanan uap jenuh, yaitu:

$$\begin{aligned} \Delta P &= P^\circ - P \\ &= P^\circ - (x_{\text{pelarut}} \cdot P^\circ) \\ &= P^\circ (1 - x_{\text{pelarut}}) \end{aligned}$$

$$\Delta P = P^\circ \cdot x_{\text{terlarut}}$$

Keterangan:

ΔP	=	penurunan tekanan uap jenuh
P^o	=	tekanan uap jenuh pelarut air murni
x_{terlarut}	=	fraksi mol zat terlarut
x_{pelarut}	=	fraksi mol zat pelarut

Contoh 1.3

1. Tekanan uap jenuh air pada suhu 100 °C adalah 72 cmHg. Berapa tekanan uap jenuh larutan $CO(NH_2)_2$ 40% pada suhu yang sama, bila diketahui M_r urea = 60 dan

Jawab:

Larutan urea 40% = 40 gram urea dalam 100 gram larutan
= 40 gram urea + 60 gram air

$$n_{ea} = \frac{40}{60} = \frac{2}{3} \text{ mol}$$

$$n_{} = \frac{60}{18} = \frac{10}{3} \text{ mol}$$

$$x_{pela\ ut} = \frac{10/3}{10/3 + 2/3} = \frac{10}{12} = \frac{5}{6}$$

$$P = P^o \cdot x_{pelarut}$$

$$= 72 \cdot \frac{5}{6}$$

$$= 60 \text{ cmHg}$$

atau

$$x_{air} = 1 - \frac{5}{6} = \frac{1}{6}$$

$$\Delta P = P^\circ \cdot x_{terlarut}$$

$$\cdot \frac{1}{6} = 72$$

$$= 12 \text{ cmHg}$$

$$\Delta P = P^\circ - P$$

$$= 72 - 12 \text{ cmHg}$$

$$= 60 \text{ cmHg}$$

2. Sebanyak 20 gram zat *A* (nonelektrolit) dilarutkan dalam 450 mL air, ternyata tekanan uapnya sebesar 40 cmHg. Bila pada keadaan yang sama tekanan uap jenuh air adalah 40,2 cmHg, tentukan massa molekul relatif (M_r) dari zat *A* tersebut!

 Jawab:

$$\frac{20}{M_r\ A}_A = \text{mol}$$

$$n\ \frac{450}{18}_{2O} = \text{mol}$$

$$P = 40 \text{ cmHg}$$

$$P^\circ = 40{,}2 \text{ cmHg}$$

$$P = P^\circ$$

$$40 = \left[\frac{25}{25 + \frac{20}{M_r\ A}}\right] \quad 40{,}2 \cdot \left[25 \mid \frac{20}{M_r\ A}\right]$$

$$40 = 40{,}2 \cdot 25$$

$$\frac{800}{M_r\ A}\ 1.000 + = 1.005$$

$$\frac{800}{M_r\ A} = 5$$

$$\frac{800}{5}_r A = = 160$$

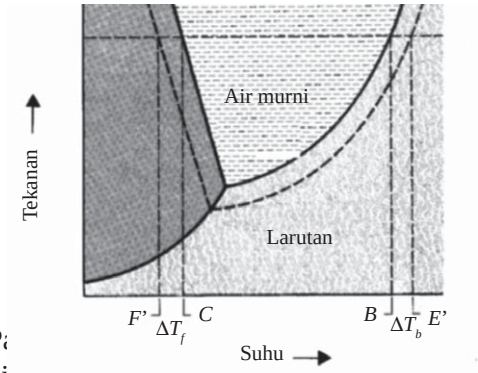
Latihan 1.4

Urea, $CO(NH_2)_2$ dan glukosa, $C_6H_{12}O_6$ yang massanya sama masing-masing dilarutkan dalam suatu pelarut yang massanya juga sama. Bila tekanan uap jenuh air pada suhu tertentu adalah P^o mmHg. Jelaskan manakah yang memiliki tekanan uap larutan paling besar?

B. Kenaikan Titik Didih (ΔT_b) dan Penurunan Titik Beku (ΔT_f)

Titik didih suatu zat cair adalah suhu pada saat tekanan uap jenuh zat cair

tersebut sama dengan tekanan luar. Bila tekanan uap sama dengan tekanan luar, maka gelembung uap yang terbentuk dalam cairan dapat mendorong diri ke permukaan menuju fasa gas. Oleh karena itu, titik didih suatu zat cair bergantung pada tekanan luar. Yang dimaksud dengan titik didih adalah titik didih normal, yaitu titik didih pada tekanan 76 cmHg. Titik didih normal air adalah 100 °C.



Gambar 1.3 Diagram P-T air dan larutan
Sumber: Essential Chemistry Principles and Structure, James E. Brady, 1990.

Pada gambar 1.3 terlihat titik didih larutan mendidih pada suhu 100 °C (titik *B*). Pada titik *F* tekanan uap jenuh larutan masih di bawah 1 atm (titik *F*). Agar larutan mendidih, maka suhu perlu diperbesar sehingga titik *P* berpindah ke titik *E*. Pada titik *E* tekanan uap jenuh larutan sudah mencapai 1 atm. Jadi pada titik *E* larutan mendidih dan suhu didihnya adalah titik *E*′. selisih titik didih larutan dengan titik didih pelarut disebut *kenaikan titik didih* (ΔT_b).

$$\Delta T_b = \textit{titik didih larutan} - \textit{titik didih pelarut}$$

Pada gambar 1.3 terlihat titik beku larutan (titik *F*′) lebih rendah daripada titik beku pelarut (titik *C*). selisih antara titik beku pelarut dengan titik beku larutan disebut *penurunan titik beku* (ΔT_f).

$$\Delta T_f = \textit{titik beku pelarut} - \textit{titik beku larutan}$$

Kenaikan titik didih dan penurunan titik beku yang disebabkan oleh penambahan zat terlarut dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\Delta T_b = m \cdot K_b \quad \text{atau} \quad \Delta T_b = \frac{g}{M_r} \cdot \frac{1.000}{p} \cdot K_b$$

$$\Delta T_f = m \cdot K_f \quad \text{atau} \quad \Delta T_f = \frac{g}{M_r} \cdot \frac{1.000}{p} \cdot K_f$$

dengan:
ΔT_b = kenaikan titik didih
ΔT_f = penurunan titik beku

K_b = tetapan kenaikan titik didih molal (°C/m)
K_f = tetapan penurunan titik beku molal (°C/m)
m = molalitas
g = massa zat terlarut (gram)
M_r = massa rumus relatif zat terlarut
p = massa pelarut (gram)

Contoh 1.4

1. Sebanyak 36 gram glukosa, $C_6H_{12}O_6$ dilarutkan dalam 250 mL air. Bila K_b = 0,52 °C/m, tentukan titik didih larutan!

 Jawab:

 $\Delta T_b = m \cdot K_b$

 $\Delta T_b = \frac{g}{M_r} \cdot \frac{1.000}{p} \cdot K_b$

 $\Delta T_b = \frac{36}{180} \cdot \frac{1.000}{250} \cdot 0,52$

 $\Delta T_b = 0,416\ °C$

 Titik didih larutan glukosa = 100 + 0,416 = 100,416 °C

2. Sebanyak 2,4 gram urea, $CO(NH_2)_2$ dilarutkan dalam 50 mL air. Tentukan titik beku larutan! Diketahui K_f air = 1,86 °C/m; A_r C = 12, N = 14, O =16

 Jawab:

 $\Delta T_f = m \cdot K_f$

 $\Delta T_f = \frac{g}{M_r} \cdot \frac{1.000}{p} \cdot K_f$

 $\Delta T_f = \frac{2,4}{60} \cdot \frac{1.000}{50} \cdot 1,86$

 $\Delta T_f = 1,488\ °C$

 Titik beku larutan urea = (0 – 1,488) = –1,488 °C.

Bila massa glukosa, $C_6H_{12}O_6$ dan sukrosa, $C_{12}H_{22}O_{11}$ sama, dilarutkan dalam pelarut yang massanya sama, dan K_b adalah tetapan kenaikan titik didih molal. Manakah larutan yang memiliki titik didih larutan lebih tinggi?

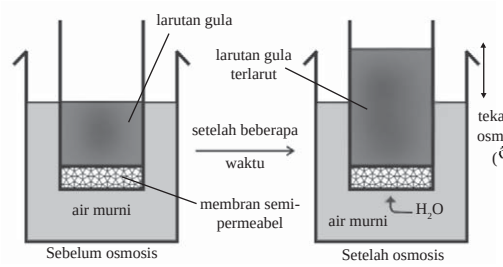
Latihan 1.5

C. Tekanan Osmotik

Osmosis adalah peristiwa perpindahan pelarut dari larutan yang konsentrasinya lebih kecil (encer) ke larutan yang konsentrasinya lebih besar (pekat) melalui mem-bran semipermeabel. Aliran zat cair dari larutan yang konsentrasinya

lebih kecil menuju larutan yang konsen-trasinya lebih besar melalui membran semipermeabel akan terhenti, bila telah terjadi kesetimbangan konsentrasi antara kedua larutan tersebut.

Tekanan osmotik () adalah besarnya tekanan yang harus diberikan pada suatu larutan untuk mencegah mengalirnya molekul-molekul pelarut ke dalam larutan melalui membran semipermeabel.



Gambar 1.4 Tekanan osmotik. Sumber: *Chemistry and Chemical Reactivity*, Kortz dan Purcell.

Besarnya tekanan osmotik larutan memenuhi persamaan $\pi = \frac{n}{V} \cdot R \cdot T$ atau $\pi = CRT$ yang sesuai dengan persamaan gas ideal, yaitu

$$\pi = M \cdot R \cdot T$$

$$\pi = \frac{g}{M_r} \cdot \frac{1.000}{V(\text{mL})} \cdot R \cdot T$$

Keterangan:
π = tekanan osmotik
C = M = konsentrasi (mol/L)
R = tetapan gas
T = temperatur mutlak (K)

Dalam suatu sistem osmosis, larutan yang memiliki tekanan osmosis sama disebut *isotonik*, bila tekanan osmotiknya lebih kecil dibandingkan larutan yang lain disebut *hipotonik*, sedangkan bila tekanan osmotiknya lebih besar dibandingkan larutan yang lain disebut *hipertonik*.

Contoh 1.5

1. Sebanyak 17,1 gram gula tebu, $C_{12}H_{22}O_{11}$ dilarutkan dalam air, sehingga volumenya menjadi 500 mL. Bila A_r C = 12; O =16; H = 1, berapa tekanan osmotiknya pada suhu 27 °C!

 Jawab:

 $$\pi = \frac{g}{M_r} \cdot \frac{1.000}{V(\text{mL})} \cdot R \cdot T \quad \pi = \frac{17,1}{342} \cdot \frac{1.000}{500} \cdot 0,082 \cdot 300 \quad \pi = 2,46$$

 atm

2. Berapa gram urea, $CO(NH_2)_2$ yang terlarut dalam 200 mL larutan agar isotonik dengan 18 gram glukosa, $C_6H_{12}O_6$ yang terlarut dalam 500 mL larutan pada keadaan yang sama? (A_r C = 12, O = 16, N = 14, H = 1)

 Jawab:

 $m_{urea} = m_{glukosa}$

$$M \cdot R \cdot T = M \frac{\frac{g}{60} \cdot \frac{1.000}{200}}{R} = \frac{\frac{18}{180} \cdot \frac{1.000}{500}}{R}$$

$$g = \frac{18 \cdot 1.000 \cdot 60 \cdot 200}{180 \cdot 1.000 \cdot 500}$$

$$g = 2{,}24 \text{ gram}$$

Jadi, massa urea adalah 2,4 gram.

Latihan 1.6

Jelaskan apakah kedua larutan berikut ini isotonik, bila 6 gram urea, $CO(NH_2)_2$ yang terlarut dalam 500 mL larutan dan 36 gram glukosa, $C_6H_{12}O_6$ yang terlarut dalam 1 liter larutan pada suhu yang sama?

1.4 Sifat Koligatif Larutan Elektrolit

Untuk larutan elektolit, ternyata memiliki harga sifat koligatif larutan yang lebih tinggi daripada larutan yang nonelektrolit untuk konsentrasi yang sama. Untuk konsentrasi yang sama, larutan elektrolit akan mengandung jumlah partikel yang lebih banyak daripada larutan nonelektrolit. Harga sifat koligatif larutan elektrolit dipengaruhi oleh faktor Van't Hoff (i).

$$\boldsymbol{i = \{1 + \alpha\ (n\text{-}1)\}}$$

dengan:

n = jumlah ion
α = derajat ionisasi
Untuk n = 2 (biner)
n = 3 (terner)
n = 4 (kuartener)
n = 5 (pentaner)
Untuk α = 1 (elektrolit kuat)
α = 0 (nonelektrolit)
$0 < \alpha < 1$ (elektrolit lemah)

maka persamaan sifat koligatifnya dirumuskan:

$$\Delta P = x_{terlarut} \cdot P^{\circ} \cdot i$$
$$\Delta T_b = m \cdot K_b \cdot i$$
$$\Delta T_f = m \cdot K_f \cdot i$$

Contoh 1.6

$$\pi = M \cdot R \cdot T \cdot i$$

1. Sebanyak 12 gram asam asetat, CH_3COOH dilarutkan dalam 250 mL air. Bila larutan tersebut terionisasi sebanyak 60%, tentukan titik didih larutan! (K_b = 0,52; A_r C = 2, O = 16, H = 1)

 Jawab:

 $\Delta T_b = m \cdot K_b \cdot i$

 $\frac{12}{60} \; \frac{1.000}{250} \; \Delta T_b = \cdot\cdot 0{,}52\{1 + 0{,}6(2 - 1)\}$

 $\Delta T_b = 0{,}4 \cdot 0{,}52 \cdot (1{,}6)$

 $\Delta T_b = 0{,}33^oC$

 Jadi, titik didih larutan CH_3COOH = (100 + 0,33) = 100,33 °C.

2. Sebanyak 2,22 gram $CuCl_2$ dilarutkan dalam 500 mL air. Bila larutan $CuCl_2$ terionisasi sempurna, tentukan titik beku larutan! (K_f = 1,86; A_r Ca = 40, Cl = 35,5)

 Jawab:

 $\Delta T_f = m \cdot K_f \cdot i$

 $\frac{2{,}22}{111} \; \frac{1.000}{500} \; \Delta T_f = \cdot\cdot\{1 + 1(3 - 1)\}$

 $\Delta T_f = 0{,}02 \cdot 2 \cdot 1{,}86\,(3)$

 $\Delta T_f = 0{,}223$ °C

 Jadi, titik didih larutan $CuCl_2$ = (0 – 0,223) = –0,223 °C.

3. Berapa gram garam dapur, NaCl yang terlarut dalam 400 mL larutan agar isotonik dengan 12 gram urea, $CO(NH_2)_2$ yang terlarut dalam 500 mL larutan pada suhu yang sama? (A_r Na = 23, Cl = 35,5, C = 12, h = 1, O = 16)

 Jawab:

 $m_{NaCl} \; m_{CO(NH_2)_2} =$

 $M \cdot R \cdot T \cdot i = M \cdot R \; \frac{g}{58{,}5} \; T \; \frac{1.000}{400} \; i$

 $\cdot\cdot\{1 + 1(2 - \frac{12}{60} 1)\} \; \frac{1.000}{500} = \frac{g \cdot 10 \cdot 2}{58{,}5 \cdot 4} = \frac{12 \cdot 2}{60} \; . \; g = \frac{12 \cdot 2 \cdot 58{,}5 \cdot 4}{10 \cdot 2 \cdot 60}$

 = 4,68 gram

 Jadi, massa NaCl = 4,68 gram.

Uji Laboratorium

A. Tujuan

Menentukan titik beku beberapa larutan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya.

B. Alat dan Bahan

1. gelas kimia 500 mL
2. tabung reaksi dan raknya
3. termometer
4. pengaduk gelas
5. sendok makan
6. es batu secukupnya
7. larutan urea 1 m
8. larutan urea 2 m
9. larutan NaCl 1 m
10. larutan NaCl 2 m
11. air suling
12. garam dapur

C. Langkah Kerja

1. Siapkan gelas kimia ukuran 500 mL dan masukkan butiran es batu ke dalamnya $^2/_3$ hingga tinggi gelas kimia tersebut.
2. Tambahkan 8 sendok makan garam dapur dan 2 sendok makan air, kemudian aduk hingga bercampur rata. Campuran ini dinamakan campuran pendingin.
3. Masukkan 3 mL air suling ke dalam tabung reaksi dan masukkan ke dalam campuran pendingin.
4. Aduklah tabung reaksi tersebut dengan gerakan naik-turun hingga membeku.
5. Setelah air suling membeku, keluarkan dari campuran pendingin dan biarkan sebagian mencair. Gantilah pengaduk gelas dengan termometer dan aduklah air suling yang sebagian mencair tersebut dengan gerakan naik-turun menggunakan termometer.
6. Bacalah skala suhu yang ditunjukkan pada termometer dan catatlah.
7. Ulangi langkah no. 2-6 dengan larutan yang berbeda, yaitu larutan urea 1 m dan 2 m masing-masing sebanyak 20 mL dan larutan NaCl 1 m dan 2 m masing-masing sebanyak 20 mL.
8. Bila es batu dalam campuran pendingin telah banyak yang mencair, buatlah campuran pendingin baru dengan cara yang sama.

D. Hasil Pengamatan

1. Berapa titik beku air suling?
2. Buatlah datanya!
3. Apa fungsi garam dapur yang terdapat dalam campuran pendingin?
4. Bagaimana pengaruh konsentrasi larutan terhadap titik beku larutan dan penurunan titik bekunya?

E. Tugas

Berilah kesimpulan hasil percobaan tersebut!

Rangku-

1. Sifat koligatif larutan adalah sifat larutan yang hanya bergantung pada konsentrasi partikel zat terlarut, tetapi tidak bergantung pada jenis zat terlarutnya. Sifat koligatif larutan meliputi empat sifat, yaitu: penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan osmotik.
2. Molalitas menyatakan jumlah mol zat terlarut dalam 1 kg (1.000 gram) pelarut. Molalitas dapat dirumuskan:

$$m = \frac{n}{p}$$

atau dapat juga ditulis:

$$m = \frac{g}{M_r} \times \frac{1.000}{p}$$

Keterangan: m = molalitas
n = mol zat terlarut
p = massa pelarut (kg)

3. Fraksi mol menyatakan perbandingan mol suatu zat dengan jumlah mol campuran.
Misal a mol zat p dicampurkan dengan b mol zat q, maka:

$$x_p = \frac{a}{a+b}$$

$$x_q = \frac{b}{a+b}$$

$$x_p + x_q = 1$$

4. Penurunan tekanan uap jenuh adalah selisih antara tekanan uap jenuh pelarut murni dengan tekanan uap jenuh larutan.

$$\Delta P = P^\circ - P$$

5. Kenaikan titik didih (ΔT_b) :

ΔT_b = titik didih larutan – titik didih pelarut

6. Penurunan titik beku (ΔT_f):

ΔT_f = titik beku pelarut – titik beku larutan

7. Kenaikan titik didih dan penurunan titik beku yang disebabkan oleh penambahan zat terlarut dapat dirumuskan sebagai berikut.

$\Delta T_b = m \cdot K_b$ atau $\Delta T_b = \frac{g}{M_r} \cdot \frac{1.000}{p} \cdot K_b$

$\Delta T_f = m \cdot K_f$ atau $\Delta T_f = \frac{g}{M_r} \cdot \frac{1.000}{p} \cdot K_b$

Keterangan:

ΔT_b = kenaikan titik didih
ΔT_f = penurunan titik beku
K_b = tetapan kenaikan titik didih molal (°C/m)
K_f = tetapan penurunan titik beku molal (°C/m)
m = molalitas
g = massa zat terlarut (gram)
M_r = massa rumus relatif zat terlarut
p = massa pelarut (gram)

8. Tekanan osmotik adalah besarnya tekanan yang harus diberikan pada suatu larutan untuk mencegah mengalirnya molekul-molekul pelarut ke dalam larutan melalui membran semipermeabel.
Besarnya tekanan osmotik larutan encer memenuhi persamaan yang sesuai dengan persamaan gas ideal, yaitu:

$\delta = \frac{n}{V} \cdot R \cdot T$

$\delta = M \cdot R \cdot T$

Keterangan:

δ = tekanan osmotik (atm)
M = molaritas (mol.L^{-1})
n = jumlah mol
R = tetapan gas = 0,082 L.atm/mol.K
V = volume larutan (liter)
T = suhu mutlak (K)
g = massa terlarut (gram)

Bila g gram zat terlarut dilarutkan dalam V mL, maka dapat juga digunakan rumus berikut.

$\delta = \frac{g}{M_r} \cdot \frac{1.000}{V(\text{mL})} \cdot R \cdot T$

I. Be A, B, C, D, atau E pada jawaban yang paling tepat!

Uji Kompetensi

1. Larutan yang mengandung 20 gram zat nonelektrolit dalam 1 liter air (massa jenis air 1g/mL) mendidih pada suhu 100,52 °C. Jika K_b air = 0,52 °C, maka M_r zat nonelektrolit tersebut adalah … .
 A. 20
 B. 40
 C. 100
 D. 150
 E. 200

2. Penambahan 5,4 gram suatu zat nonelektrolit ke dalam 300 gram air ternyata menurunkan titik beku sebesar 0,24 °C. Jika K_f air = 1,86 °C, maka M_r zat tersebut adalah … .
 A. 8,04
 B. 12,56
 C. 60,96
 D. 108,56
 E. 139,50

3. Sebanyak 500 mL larutan yang mengandung 17,1 gram zat nonelektrolit pada suhu 27 °C mempunyai tekanan osmotik 2,46 atm.
 Jika R = 0,082 L.atm.mol^{-1}K^{-1}, maka M_r zat nonelektrolit tersebut adalah
 A. 90
 B. 150
 C. 207
 D. 278
 E. 342

4. Sebanyak 60 gram urea (M_r = 60) dilarutkan dalam 72 gram air (M_r = 18). Jika tekanan uap pelarut murni pada suhu 20 °C adalah 22,5 mmHg, maka tekanan uap larutan pada suhu tersebut adalah … .
 A. 4,5 mmHg
 B. 9,0 mmHg
 C. 18 mmHg
 D. 22,5 mmHg
 E. 29 mmHg

5. Data percobaan penurunan titik beku sebagai berikut.

Larutan	Konsentrasi (molal)	Titik Beku (°C)
NaCl	0,1	–0,372
NaCl	0,2	–0,744
$CO(NH_2)_2$	0,1	–0,186
$CO(NH_2)_2$	0,2	–0,372
$C_6H_{12}O_6$	0,1	–0,186

 Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa penurunan titik beku tergantung pada
 A. jenis zat terlarut
 B. konsentrasi molal larutan
 C. jenis pelarut
 D. jenis partikel zat terlarut
 E. jumlah partikel zat terlarut

6. Urea seberat 2,4 gram dilarutkan ke dalam air sampai volume 250 cm^3 pada suhu 27 °C (M_r urea = 60 dan R = 0,082 L.atm.mol^{-1}.K^{-1}). Tekanan osmotik larutan

tersebut adalah … .
A. 3,936 atm
B. 4,418 atm
C. 7,872 atm
D. 15,774 atm
E. 39,360 atm

7. Di antara kelima larutan di bawah ini, yang titik bekunya paling tingi adalah larutan … .
A. Na_2CO_3 0,3 *M*
B. CH_3COOH 0,5 *M*
C. glukosa 0,8 *M*
D. $Mg(NO_3)_2$ 0,2 *M*
E. $CuSO_4$ 0,2 *M*

8. Di antara larutan 0,01 *M* di bawah ini, yang mempunyai tekanan osmotik paling tinggi adalah … .
A. NaCl
B. $C_{12}H_{22}O_{11}$
C. $BaCl_2$
D. $CO(NH_2)_2$
E. $[Cr(NH_3)_4Cl_2]Cl$

9. Untuk menaikkan titik didih 250 mL air menjadi 100,1 °C pada tekanan 1 atm (K_b = 0,50), maka jumlah gula (M_r = 342) yang harus dilarutkan adalah … .
A. 684 gram
B. 171 gram
C. 86 gram
D. 17,1 gram
E. 342 gram

10. Suatu larutan diperoleh dari melarutkan 6 gram urea (M_r = 60) dalam 1 liter air. Larutan yang lain diperoleh dari melarutkan 18 gram glukosa (M_r = 180) dalam 1 liter air. Pada suhu yang sama, tekanan osmotik larutan pertama dibandingkan terhadap larutan kedua adalah
A. sepertiga larutan kedua
B. tiga kali larutan kedua
C. dua pertiga kali larutan kedua
D. sama seperti larutan kedua
E. tiga perdua kali larutan kedua

11. Suatu zat nonelektrolit (M_r = 40) sebanyak 30 gram dilarutkan dalam 900 gram air, penurunan titik beku larutan ini adalah –1,550 °C. Massa zat tersebut yang harus ditambahkan ke dalam 1,2 kg air agar diperoleh larutan dengan penurunan

titik beku yang setengahnya dari penurunan titik beku di atas adalah
A. 10 gram
B. 15 gram
C. 20 gram
D. 45 gram
E. 80 gram

12. Suatu larutan urea dalam air mempunyai penurunan titik beku 0,372 °C. Bila K_f molal air = 1,86 °C dan K_b molal air = 0,52 °C, maka kenaikan titik didih larutan urea tersebut adalah … .
A. 2,60 °C
B. 1,04 °C
C. 0,892 °C
D. 0,104 °C
E. 0,026 °C

13. Dalam 25 gram air dilarutkan 3 gram urea, $CO(NH_2)_2$. Jika K_f air = 1,86 °C dan A_r N = 14, C = 12, O = 16, H = 1, maka titik beku larutan urea tersebut jika titik beku air 0 °C
A. –5,6 °C
B. –3,72 °C
C. –1,86 °C
D. –0,9 °C
E. –0,36 °C

14. Jika 10 gram zat di bawah ini dilarutkan dalam 1 kg air, maka zat yang akan memberikan larutan dengan titik beku paling rendah adalah
A. etanol, C_2H_5OH
B. gliserin, $C_3H_8O_3$
C. glukosa, $C_6H_{12}O_6$
D. metanol, CFraksi molH_3OH
E. semua zat tersebut memberikan efek yang sama.

15. Kenaikan titik didih molal air = 0,5 °C. Jika 1 gram H_2SO_4 dilarutkan dalam 1.000 gram air dan dipanaskan, maka akan mendidih pada suhu … .
A. 100 °C
B. 100,5 °C
C. 101°C
D. 101,5 °C
E. 102 °C

II. Kerjakan soal-soal berikut ini dengan benar!

1. Apa yang dimaksud dengan sifat koligatif larutan?

2. Bagaimana pengaruh zat terlarut yang sukar menguap dalam larutan terhadap tekanan uap pelarut?
3. Tekanan uap jenuh air pada 100 °C adalah 760 mmHg. Berapa tekanan uap jenuh larutan glukosa 10% pada 100 °C? (A_r C = 12, O = 16, H = 1)
4. Apa yang dimaksud dengan penurunan titik beku larutan?
5. Sebanyak 18 gram glukosa (M_r = 180) dilarutkan dalam 500 gram air. Tentukan titik didih larutan itu jika diketahui K_b air = 0,52 °C!
6. Larutan 3 gram suatu zat *X* dalam 100 gram air mendidih pada 100,26 °C. Jika K_b air = 0,59 °C, tentukan massa molekul relatif zat *X* tersebut!
7. Apakah yang dimaksud dengan tekanan osmotik?
8. Berapa tekanan osmotik larutan sukrosa 0,0010 *M* pada suhu 25 °C?
9. Sebutkan kegunaan pengukuran tekanan osmotik!
10. Supaya air sebanyak 1 ton tidak membeku pada suhu –5 °C, ke dalamnya harus dilarutkan garam dapur yang jumlahnya tidak boleh kurang dari berapa? (K_f air = 1,86 °C, M_r NaCl = 58,5)

BAB 2

Reaksi Redoks, Elektrokimia, dan Elektrolisis



Tujuan Pembelajaran:

Setelah mempelajari bab ini, Anda diharapkan mampu:

1. Menjelaskan reaksi redoks dan elektrokimia melalui pengamatan dan penafsiran data.
2. Membedakan reaksi redoks dengan reaksi bukan redoks.
3. Menyeterakan reaksi redoks dengan metode setengah reaksi dan perubahan bilangan oksidasi.
4. Menuliskan persamaan sel elektrokimia.
5. Menentukan potensial reduksi pada beberapa reaksi redoks.
6. Memperkirakan reaksi berlangsung spontan atau tidak berdasarkan harga potensial reduksi.
7. Menjelaskan proses terjadinya korosi pada logam.
8. Menjelaskan cara-cara mencegah atau menghambat terjadinya proses korosi.
9. Menuliskan reaksi elektrolisis pada beberapa larutan.
10. Menerapkan hukum Faraday untuk menghitung massa endapan yang dihasilkan pada elektrolisis.
11. Menerapkan konsep reaksi redoks untuk memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari.

Kata Kunci

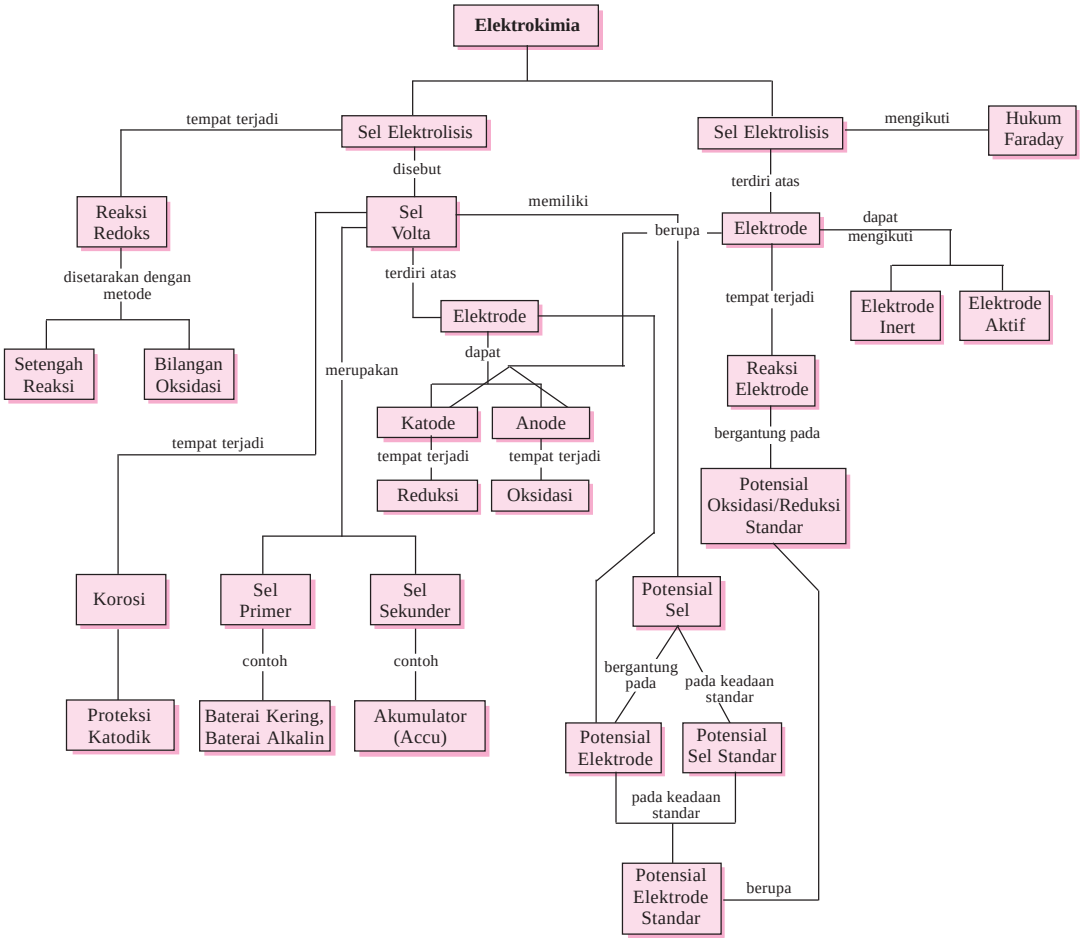
Reaksi reduksi, reaksi oksidasi, bilangan oksidasi, setengah reaksi, sel volta, potensial sel, korosi, sel elektrolisis, hukum Faraday.

Pengantar

Tahukah Anda mengapa logam besi dapat mengalami korosi atau karat? Bagaimana reaksi kimia terjadinya proses perkaratan pada logam besi tersebut? Mengapa lapisan cat pada peralatan yang terbuat dari logam besi jika telah retak dapat menyebabkan proses perkaratan logam besi di dalamnya menjadi lebih cepat? Apakah Anda pernah membayangkan bagaimana cara melindungi pipa-pipa besi yang berada di dalam tanah dan dasar laut agar tidak mengalami perkaratan? Pertanyaan-pertanyaan tersebut merupakan sebagian dari permasalahan yang akan dibahas dalam bab ini dan masih banyak pertanyaan lain yang jawabannya akan kamu temukan dalam pembahasan bab Elektrokimia, Redoks, dan Elektrolisis ini, seperti bagaimana cara menyepuh/melapisi logam perhiasan dengan emas, bagaimana cara mengambil gas oksigen dari air, mengapa baterai dapat menyimpan energi listrik, dan lain-lain.

Peta Konsep

Reaksi Redoks, Elektrokimia, dan Elektrolisis



2.1 Reaksi Redoks

Di kelas X sudah dibahas mengenai pengertian reaksi redoks. Reaksi redoks adalah reaksi reduksi dan oksidasi. *Reaksi reduksi* adalah reaksi penangkapan elektron atau reaksi terjadinya penurunan bilangan oksidasi. Sedangkan *reaksi oksidasi* adalah reaksi pelepasan elektron atau reaksi terjadinya kenaikan bilangan oksidasi. Contoh reaksi redoks dalam kehidupan sehari-hari adalah reaksi perkaratan besi dan pengisian aki pada kendaraan bermotor.

$4\,Fe + 3\,O_2 \longrightarrow 2\,Fe_2O_3$

bo Fe = 0 bo O = nol bo Fe = +3, bo O = –2

Jadi, *reaksi redoks* adalah reaksi penerimaan dan pelepasan elektron (adanya transfer elektron), atau reaksi redoks adalah reaksi terjadinya penurunan dan kenaikan bilangan oksidasi (adanya perubahan biloks).

Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change, Martin S. Silberberg, 2000.

Contoh 2.1

1. Manakah yang termasuk reaksi redoks:
 A. $NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O$
 B. $Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \longrightarrow AgCl(s)$
 C. $CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2$
 D. $CuO + CO \longrightarrow Cu + CO_2$
 E. $NH_3 + H_2O \longrightarrow NH_4OH$

 Jawab: D

 Perhatikan atom Cu dari biloks +2 (pada CuO) berubah menjadi nol (pada Cu). Jika satu atom mengalami perubahan biloks, maka pasti akan diikuti oleh perubahan biloks unsur yang lain.

2. Manakah dari reaksi berikut yang ***bukan*** termasuk reaksi redoks?
 A. $Zn + 2\,H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + H_2$
 B. $2\,Cr + 2\,H^+ \longrightarrow Cr_2 + H_2O$
 C. $Cu^{2+} + Ni \longrightarrow Cu + Ni^{2+}$
 D. $C_3H_8 + 5\,O_2 \longrightarrow 3\,CO_2 + 4\,H_2O$
 E. $C1_2 + 2\,KOH \longrightarrow KCl + KClO + H_2O$

 Jawab: B

 Perhatikan pilihan A, C, D, dan E semuanya ada atomik (biloks nol) membentuk senyawanya, berarti biloks ada yang positif dan negatif. Dari nol ke positif atau negatif berarti ada perubahan dan ini adalah reaksi redoks. Sedangkan pilihan B, biloks pada Cr sebesar +6 dan pada Cr_2 sebesar +6. Jadi tidak ada perubahan biloks.

A. Penyetaraan Persamaan Reaksi Redoks

Cara penyetaraan persamaan reaksi redoks dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu cara setengah reaksi dan cara perubahan bilangan oksidasi.

1. Cara Setengah Reaksi

Cara penyetaraan persamaan reaksi redoks dengan cara setengah reaksi, yaitu dengan melihat elektron yang diterima atau dilepaskan.

Penyetaraan dilakukan dengan menyamakan jumlah elektronnya. Cara ini diutamakan untuk reaksi dengan suasana reaksi telah diketahui. Cara penyetaraan:

Tahap 1 : Tuliskan setengah reaksi untuk kedua zat yang akan direaksikan.
Tahap 2 : Setarakan unsur yang mengalami perubahan biloks.
Tahap 3 : Tambahkan satu molekul H_2O pada:
- Suasana asam: pada yang kekurangan atom O.
- Suasana basa: pada yang kelebihan atom O.

Tahap 4 : Setarakan atom hidrogen dengan cara:
- Suasana asam: dengan menambahkan ion H^+.
- Suasana basa: dengan menambahkan ion OH^-.

Tahap 5 : Setarakan muatan dengan menambahkan elektron.
Tahap 6 : Samakan jumlah elektron yang diterima dengan yang dilepaskan, kemudian jumlahkan.

Sumber: *Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change*, Martin S. Silberberg, 2000.

Contoh 2.2

a. Setarakan reaksi:

$Mn + Cl^- \rightarrow Mn^{2+} + C1_2$ (asam)

bo Mn = +7 Cl = –1 Mn = +2 Cl = 0

Jawab:

Tahap 1 : $Mn \rightarrow Mn^{2+}$
$Cl^- \rightarrow C1_2$

Tahap 2 : $Mn \rightarrow Mn^{2+}$
$2\ Cl^- \rightarrow C1_2$ (atom Cl disetarakan ×2)

Tahap 3 : $Mn \rightarrow Mn^{2+} + 4\ H_2O$ (atom O disetarakan)
$2\ Cl^- \rightarrow Cl_2$

Tahap 4 : $8\ H^+ + Mn \rightarrow Mn^{2+} + 4\ H_2O$ (atom H disetarakan)
$2\ C1^- \rightarrow Cl_2$

Tahap 5 : $5\ e^- + 8\ H^+ + Mn \rightarrow Mn^{2+} + 4\ H_2O$ (jumlah muatan kiri = kanan)
$2\ C1^- \rightarrow Cl_2 + 2\ e^-$

Tahap 6 :

Reaksi I × 2 : $10\ e^- + 16\ H^+ + 2\ MnO_4^- \rightarrow 2\ Mn^{2+} + 8\ H_2O$

Reaksi II × 5 : $10\ Cl^- \rightarrow 5\ C1_2 + 10\ e^-$

$16\ H^+ + 2\ MnO_4^- + 10\ Cl^- \rightarrow 2\ Mn^{2+} + 8\ H_2O + 5\ C1_2$ +

b. Setarakan reaksi:

$Br_2 + I \qquad Br^- + I$ (basa)

Jawab :

Tahap 1 : $Br_2 \qquad Br^-$
$I \qquad I$

Tahap 2 : $Br_2 \qquad 2\ Br^-$ (setarakan atom Br)
$I \qquad I$

Tahap 3 : $Br_2 \qquad 2\ Br^-$
$I \qquad I + H_2O$ (setarakan atom O)

Tahap 4 : $Br_2 \qquad 2\ Br^-$
$2\ OH^- + I \qquad I + H_2O$ (setarakan atom H)

Tahap 5, 6 : $2\ e^- + Br_2 \qquad 2\ Br^-$ (setarakan jumlah muatan)
$2\ OH^- + I \qquad I + H_2O + 2\ e^-$
$Br_2 + 2\ OH^- + I \qquad 2\ Br^- + I + H_2O$ +

Tahap 6 digabung dengan tahap 5 karena jumlah elektron sudah sama.

2. Cara Perubahan Bilangan Oksidasi

Cara penyetaraan persamaan reaksi dengan cara perubahan bilangan oksidasi, yaitu dengan cara melihat perubahan bilangan oksidasinya. Penyetaraan dilakukan dengan menyamakan perubahan bilangan oksidasi.

Pada cara ini suasana reaksi tidak begitu mempengaruhi, meskipun suasana reaksi belum diketahui, penyetaraan dapat dilakukan.

Tahap 1 : Setarakan unsur yang mengalami perubahan biloks.
Tahap 2 : Tentukan biloks masing-masing unsur yang mengalami perubahan biloks.
Tahap 3 : Tentukan perubahan biloks.
Tahap 4 : Samakan kedua perubahan biloks.
Tahap 5 : Tentukan jumlah muatan di ruas kiri dan di ruas kanan.
Tahap 6 : Setarakan muatan dengan cara:
- Jika muatan di sebelah kiri lebih negatif, maka ditambahkan ion H^+. Ini berarti reaksi dengan suasana asam.
- Jika muatan di sebelah kiri lebih positif, maka ditambahkan ion ^-OH. Ini berarti reaksi dengan suasana basa.

Tahap 7 : Setarakan hidrogen dengan menambahkan H_2O.

Sumber: *Chemistry*, *For Advanced Level*, Ted Lister & Janet Renshaw, 2000.

Contoh 2.3

a. Setarakan reaksi:

$MnO + PbO_2 \qquad Mn \quad + Pb^{2+}$ (asam)

Jawab:

Tahap 1 : Unsur yang mengalami perubahan oksidasi sudah setara yaitu Mn dan Pb: $MnO + PbO_2 \quad Mn \quad + Pb^{2+}$

Tahap 2, 3 : Menentukan biloks Mn dan Pb:

$$\underset{+2}{MnO} + \underset{+4}{PbO_2} \quad \underset{+7}{Mn} \quad + \underset{+2}{Pb^{2+}}$$

+5 dan –2

Tahap 4 : $MnO \times 2$, $PbO_2 \times 5$ → $2\,MnO + 5\,PbO_2 \quad 2\,Mn \quad + 5\,Pb^{2+}$

Tahap 5 : $2\,MnO + 5\,PbO_2 \quad 2\,Mn \quad + 5\,Pb^{2+}$ (0 dan +8)

Tahap 6 : Di ruas kiri lebih bermuatan negatif (0), agar jumlah muatan kiri sama dengan muatan kanan, maka ruas kiri ditambah 8 ion H^+, berarti suasana asam.

$2\,MnO + 5\,PbO_2 + 8\,H^+ \quad 2\,Mn \quad + 5\,Pb^{2+}$

Tahap 7 : Menyetarakan atom H dengan menambah H_2O di ruas kanan.

$2\,MnO + 5\,PbO_2 + 8\,H^+ \quad 2\,Mn \quad + 5\,Pb^{2+} + 4\,H_2O$

Periksa jumlah atom O, jika sudah setara berarti reaksi benar.

b. Setarakan reaksi:

$Cl_2 + Zn^{2+} \quad Cl \quad + Zn$ (suasana basa)

Jawab:

Tahap 1 : Unsur Cl disetarakan

$C1_2 + Zn^{2+} \quad 2\,C1 \quad + Zn$

Tahap 2, 3 : Biloks Cl dihitung untuk 2 atom Cl:

$$\underset{0}{Cl_2} + \underset{+2}{Zn^{2+}} \quad \underset{+10}{2\,Cl} + \underset{0}{Zn}$$

+5 dan +1

Tahap 4 : $C1_2 \times 1$, $Zn^{2+} \times 5$ → $C1_2 + 5\,Zn^{2+} \quad 2\,C1 \quad + 5\,Zn$

Tahap 5 : $C1_2 + 5\,Zn^{2+} \quad 2\,C1 \quad + 5\,Zn$ (+10 dan –2)

Tahap 6 : Di ruas kiri lebih bermuatan positif (+10) maka ditambahkan ion OH^-, berarti suasana basa.

$12\,OH^- + C1_2 + 5\,Zn^{2+} \quad 2\,C1 \quad + 5\,Zn$

Tahap 7 : $12\,OH^- + C1_2 + 5\,Zn^{2+} \quad 2\,C1 \quad + 5\,Zn + \mathbf{6\,H_2O}$

Periksa jumlah atom O, jika sudah setara berarti reaksi benar.

Bagaimana untuk penyetaraan reaksi autoredoks/reaksi disproporsionasi? Reaksi ini terjadi di mana satu zat dari pereaksi mengalami reaksi oksidasi dan reaksi reduksi. Untuk itu zat tersebut dituliskan masing-masing.

Contoh 2.4

a. Setarakan reaksi berikut.
$Br_2 + KOH \rightarrow KBr + KBrO_3 + H_2O$

Jawab:

Karena Br_2 mengalami autoredoks, maka dituliskan 2 dan karena reaksi dalam bentuk senyawanya maka hanya ditulis ion-ion saja dengan menghilangkan sementara ion K^+, yaitu ion yang tidak mengalami perubahan biloks, maka reaksi ionnya adalah:

$Br_2 + Br_2 \rightarrow 2\ Br^- + 2\ Br$

0 0 –2 +10

1 5

$5\ Br_2 + Br_2 \rightarrow 10\ Br^- + 2\ Br$

muatan 0 muatan –12

Di ruas kiri bermuatan nol maka ditambahkan 12 ion OH^- dan di kanan disetarakan atom H dengan menambahkan 6 H_2O maka:
$12\ OH^- + Br_2 + 5\ Br_2 \rightarrow 10\ Br^- + 2\ Br + 6\ H_2O$
Kemudian gabungkan kembali ion K^+, maka reaksi lengkapnya:

$12\ KOH + 6\ Br_2 \rightarrow l0\ KBr + 2\ KBr + 6\ H_2O$

b. Setarakan reaksi:
$Na_2S_2O_3 + HCl \rightarrow S + SO_2 + NaCI + H_2O$

Jawab:

Senyawa yang mengalami autoredoks adalah $Na_2S_2O_3$. Ion yang tidak mengalami perubahan adalah Na^+ dan Cl^-.
Reaksi dapat disederhanakan: $S_2 + S_2 \rightarrow S + SO_2$
Penyelesaian lebih mudah pakai cara setengah reaksi:

Tahap 1, 2 : $S_2 \rightarrow 2\ S$
$S_2 \rightarrow 2\ SO_2$

Tahap 3, 4 : $\mathbf{6\ H^+} + S_2 \rightarrow 2\ S + \mathbf{3\ H_2O}$
$\mathbf{H_2O} + S_2 \rightarrow 2\ SO_2 + \mathbf{2\ H^+}$

Tahap 5, 6 : $\mathbf{4\ e^-} + 6\ H^+ + S_2 \rightarrow 2\ S + 3\ H_2O$
$H_2O + S_2 \rightarrow 2\ SO_2 + 2\ H^+ + \mathbf{4\ e^-}$
$4\ H^+ + S_2 + S_2 \rightarrow 2\ S + 2\ H_2O + 2\ SO_2$ +

Reaksi lengkap:
$4\ HCl + 2\ Na_2S_2O_3 \rightarrow 2\ S + 2\ SO_2 + 2\ H_2O + 4\ NaCl$

Catatan: Untuk NaCl tinggal diatur dari jumlah atom Na dan Cl di kiri.

Latihan 2.1

1. Setarakan reaksi redoks berikut dengan cara setengah reaksi.
 a. $CuS + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + S + H_2O + NO$
 b. $KMnO_4 + HCl \rightarrow KCl + MnCl_2 + H_2O + Cl_2$
 c. $I^- + \rightarrow I_2 + NO$ (suasana asam)
 d. $CrI_3 + KOH + Cl_2 \rightarrow K_2CrO_4 + KIO_4 + KCl + H_2O$ (suasana basa)
 e. $Bi_2O_3 + NaOH + NaOCl \rightarrow NaBiO_3 + NaCl + H_2O$
 f. $+ BrO^- \rightarrow Br^- +$ (suasana basa)
2. Setarakan reaksi redoks berikut dengan cara perubahan bilangan oksidasi.
 a. $NH_3 + O_2 \rightarrow NO + H_2O$
 b. $CuO + NH_3 \rightarrow N_2 + H_2O + Cu$
 c. $KClO_3 + H_2SO_4 \rightarrow KHSO_4 + O_2 + ClO_2 + H_2O$
 d. $Sn + HNO_3 \rightarrow SnO_2 + NO_2 + H_2O$
 e. $I_2 + HNO_3 \rightarrow HIO_3 + NO_2 + H_2O$
 f. $KBr + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + Br_2 + SO_2 + H_2O$
3. a. Setarakan persamaan reaksi redoks berikut.
 $+ H_2O_2 \rightarrow Mn^{2+} + O_2$ (suasana asam)
 b. Berapa volume gas oksigen yang terbentuk pada keadaan standar (STP) untuk 1 gram H_2O_2 (A_r H = 1, O = 16)?
4. a. Setarakan persamaan reaksi redoks berikut ini!
 $+ Cl^- \rightarrow Mn^{2+} + Cl_2$ (suasana asam)
 b. Berapa gram $KMnO_4$ yang dibutuhkan untuk menghasilkan 112 liter gas Cl_2 pada keadaan standar (STP) (A_r K = 39, Mn = 55, O = 16)?
5. Berapa jumlah mol elektron pada reaksi redoks berikut?
 $HNO_3 + HI \rightarrow NO + I_2 + H_2O$

2.2 Sel Elektrokimia

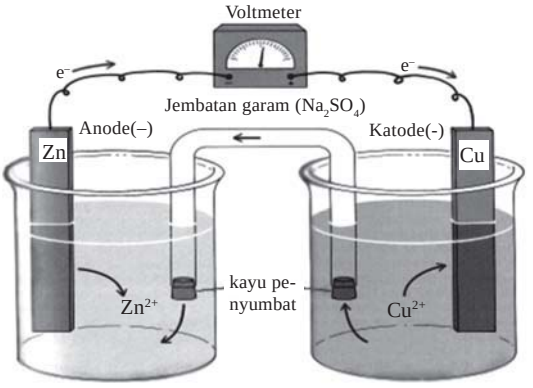
Dalam reaksi redoks yang sudah kita pelajari, terjadi transfer elektron, yaitu dengan adanya elektron yang dilepaskan dan adanya elektron yang diterima. Energi yang dilepaskan dari reaksi redoks dapat diubah menjadi energi listrik dan ini digambarkan dalam sel volta atau sel galvani. Sedangkan jika energi listrik dialirkan dalam larutan elektrolit, maka akan terjadi reaksi redoks dan ini digambarkan dalam sel elektrolisis.

Sel Volta

Luigi Galvani (1780) dan **Alessandro Volta** (1800) telah menemukan terbentuknya arus listrik dari reaksi kimia. Reaksi kimia yang terjadi merupakan reaksi redoks (reduksi dan oksidasi) dan alat ini disebut sel volta.

1. Proses

Logam tembaga dicelupkan dalam larutan $CuSO_4$ (1 M) dan logam seng dicelupkan dalam larutan $ZnSO_4$ (1 M). Kedua larutan dihubungkan dengan jembatan garam. Jembatan garam merupakan tabung U yang diisi agar-agar dan garam KCl. Sedangkan kedua elektrode (logam Cu dan logam Zn) dihubungkan dengan alat pe-nunjuk arus yaitu voltmeter.



Gambar 2.1 Sel volta.
Sumber: Buku Chemistry and Chemical Reactivity, John C Koltz and Keith F Purcell, Sauders College Publishing, USA 1987.

Logam Zn akan melepaskan elektron dan berubah membentuk ion Zn^{2+} dan bergabung dalam larutan $ZnSO_4$. Elektron mengalir dari elektrode Zn ke elektrode Cu. Ion Cu^{2+} dalam larutan $CuSO_4$ menerima elektron dan ion tersebut berubah membentuk endapan logam Cu.

Reaksinya dapat digambarkan:

Reaksi oksidasi : $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2\,e^-$

Reaksi reduksi : $Cu^{2+} + 2\,e^- \rightarrow Cu$ +

Reaksi bersih pada sel : $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$

$Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$

Penulisan dapat disingkat $Zn \mid Zn^{2+} \parallel Cu^{2+} \parallel Cu$

2. Elektrode pada Sel Volta

Katode : - Elektrode di mana terjadi reaksi reduksi, berarti logam Cu.
- Dalam sel volta disebut sebagai elektrode positif.

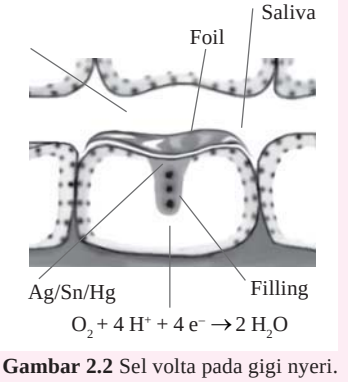
Anode : - Elektrode di mana terjadi reaksi oksidasi, berarti logam Zn.
- Dalam sel volta disebut sebagai elektrode negatif.

Sumber: Chemistry, *The Molecular Nature of Matter and Change*, Martin S. Silberberg, 2000.

Kimia di Sekitar Kita

Pernahkah Anda merasa nyeri pada gigi berlubang yang telah ditambal saat menggigit makanan? Berikut ini alasannya. Pada lapisan aluminium bertindak sebagai anode aktif. Sedangkan air liur bertindak sebagai larutan elektrolit dan obat yang dimasukkan dalam gigi berlubang (biasanya perak/ campuran raksa) sebagai katode tidak aktif. O_2 yang direduksi menjadi air dan hubungan arus pendek karena kontak antara lapisan aluminium dengan isi obat ini (tambalan gigi) menghasilkan nyeri sesaat yang dirasakan oleh saraf gigi).

(Sumber: Chemistry, *The Moleculer Nature of Matter and Change*, Martin, S.Silberberg, 2000 USA)



Gambar 2.2 Sel volta pada gigi nyeri.

3. Fungsi Jembatan Garam

Dalam larutan $ZnSO_4$ terjadi kenaikan jumlah ion Zn^{2+} dan dalam larutan $CuSO_4$ terjadi penurunan jumlah ion Cu^{2+}. Sedangkan banyaknya kation (Zn^{2+} atau Cu^{2+}) harus setara dengan anion . Untuk menyetarakan kation dan anion, maka ke dalam larutan $ZnSO_4$ masuk anion Cl^- dari jembatan garam sesuai bertambahnya ion Zn^{2+}.

Pada larutan $CuSO_4$ terjadi kekurangan Cu^{2+} atau dapat disebut terjadi kelebihan ion , maka ion masuk ke jembatan garam menggantikan Cl^- yang masuk ke larutan $ZnSO_4$.

Jadi, fungsi jembatan garam adalah menyetarakan kation dan anion dalam larutan.

4. Potensial Elektrode

Banyaknya arus listrik yang dihasilkan dari kedua elektrode di atas dapat ditentukan besarnya dengan menetapkan potensial elektrode dari Zn dan Cu. Hanya saja potensial elektrode suatu zat tidak mungkin berdiri sendiri, harus ada patokan yang menjadi standar. Sebagai elektrode standar digunakan elektrode hidrogen. Elektrode ini terdiri atas gas hidrogen murni dengan tekanan 1 atm pada suhu 25 °C yang dialirkan melalui sepotong platina yang tercelup dalam suatu larutan yang mengandung ion H^+ sebesar 1 mol/liter.

Potensial elektrode hidrogen standar diberi harga = 0 volt (E^o = 0 volt).

Reaksi:

$$2\ H^+(aq) + 2\ e^- \qquad H_2(g); \qquad \Delta H = 0 \text{ volt}$$
$$E^o = 0 \text{ volt}$$

Menurut perjanjian internasional, jika ada suatu zat ternyata lebih mudah melakukan reduksi dibanding hidrogen, maka harga potensial elektrodenya adalah positif. Potensial reduksinya positif.

$$Cu^{2+}(aq) + 2\ e^- \qquad Cu(s); \qquad E^o = +0{,}34 \text{ volt}$$
$$Ag^+(aq) + e^- \qquad Ag(s); \qquad E^o = +0{,}80 \text{ volt}$$

Tetapi jika zat ternyata lebih mudah melakukan reaksi oksidasi dibanding hidrogen, maka harga potensial elektrodenya adalah negatif. Dalam hal ini potensial oksidasinya positif, tetapi karena potensial elektrode harus ditulis reduksi berarti potensial reduksinya adalah negatif.

$$Zn^{2+}(aq) + 2\ e^- \qquad Zn(s); \qquad E^o = 0{,}76 \text{ volt}$$
$$A1^{3+}(aq) + 3\ e^- \qquad A1(s); \qquad E^o = 1{,}76 \text{ volt}$$

Jadi, potensial elektrode digambarkan dengan reaksi reduksi.

Berikut daftar harga potensial elektrode untuk logam-logam yang penting.

Tabel 2.1 Potensial Elektrode

Reaksi		Reduksi	Logam	E° (volt)
K^+	+	e^-	K	–2,92
Ba^{2+}	+	$2\ e^-$	Ba	–2,90
Ca^{2+}	+	$2\ e^-$	Ca	–2,87
Na^+	+	e^-	Na	–2,71
Mg^{2+}	+	$2\ e^-$	Mg	–2,37
$A1^{3+}$	+	$3\ e^-$	A1	$-1,_{1}66$
Mn^{2+}	+	$2\ e^-$	Mn	–1,18
$2\ H_2O$	+	$2\ e^-$	$H_2 + 2\ OH^-$	–0,83
Zn^{2+}	+	$2\ e^-$	Zn	–0,76
Cr^{3+}	+	$3\ e^-$	Cr	–0,71
Fe^{2+}	+	$2\ e^-$	Fe	–0,44
Cd^{2+}	+	$2\ e^-$	Cd	–0,40
Co^{2+}	+	$2\ e^-$	Co	–0,28
Ni^{2+}	+	$2\ e^-$	Ni	–0,25
Sn^{2+}	+	$2\ e^-$	Sn	–0,14
Pb^{2+}	+	$2\ e^-$	Pb	–0,13
$2\ H^+$	+	$2\ e^-$	H_2	0,00
Sn^{4+}	+	$2\ e^-$	Sn^{2+}	+0,13
Bi^{3+}	+	$3\ e^-$	Bi	+0,30
Cu^{2+}	+	$2\ e^-$	Cu	+0,34
Ag^+	+	e^-	Ag	+0,80
Pt^{2+}	+	$2\ e^-$	Pt	+1,20
Au^{3+}	+	$3\ e^-$	Au	+1,50

Sumber: Chemistry, *The Molecular Nature of Matter and Change*, Martin S. Silberberg, 2000.
General Chemistry, Principles & Structure, James E. Brady, 1990

5. Perhitungan Potensial Sel

Besarnya potensial sel dari suatu reaksi redoks dalam sel volta merupakan total dari potensial elektrode unsur-unsur sesuai dengan reaksinya.

Dalam hal ini, hasil perhitungan potensial sel bisa positif atau bisa negatif. Jika potensial sel bertanda positif berarti reaksi dapat berlangsung, sedangkan jika potensial sel bertanda negatif berarti reaksi tidak dapat berlangsung.

$$E^\circ_{sel} = E^\circ_{(+)} - E^\circ_{(-)}$$

dengan:
$E^\circ_{(+)}$ = potensial elektrode lebih positif (lebih besar)
$E^\circ_{(-)}$ = potensial elektrode lebih negatif (lebih kecil)
Ingat!! Perhitungan tidak melibatkan koefisien.

Sumber: Chemistry, For Advanced Level, Ted Lister & Janet Renshaw, 2000,
General Chemistry, Principles & Structure, James E Brady, 1990.

Contoh 2.5

1. Diketahui: $Cu^{2+}(aq) + 2\ e^-$ $Cu(s)$ $E° = +0{,}34$ V
 $Zn^{2+}(aq) + 2\ e^-$ $Zn(s)$ $E° = -0{,}76$ V
 Tentukan potensial sel ($E°_{sel}$) dari kedua elektrode tersebut!

 Jawab:

 Karena potensial elektrode Zn lebih negatif, maka Zn harus melakukan oksidasi dan bertindak sebagai anode.

 Katode : $Cu^{2+} + 2\ e^-$ $Cu\ (s)$ $E° = +0{,}34$ V
 Anode : $Zn\ (s)$ $Zn^{2+}(aq) + 2\ e^-$ $E° = +0{,}76$ V +
 $Cu^{2+} + Zn$ $Cu + Zn^{2+}$ $E°_{sel} = +1{,}10$ V

2. Diketahui : $Cu^{2+} + 2\ e^-$ Cu $E° = -0{,}34$ V
 $Ag^+ + e^-$ Ag $E° = +0{,}80$V
 Tentukan $E°_{sel}$ dari kedua elektrode!

 Jawab:

 $E°_{Cu}$ lebih negatif dari $E°_{Ag}$, maka Cu mengalami oksidasi dan bertindak sebagai anode.

 Katode : $Ag^+ + e^-$ Ag $E° = +0{,}80$ V
 Anode : Cu $Cu^{2+} + 2\ e^-$ $E° = -0{,}34$ V +
 $2\ Ag^+ + Cu$ $2\ Ag + Cu^{2+}$ $E°_{sel} = +0{,}46$ V

3. Diketahui: $Ag^+ + e^-$ Ag $E° = +0{,}80$ V
 $A1^{3+} + 3\ e^-$ Al $E° = -1{,}66$V
 Tentukan $E°_{sel}$ dari elektrode Ag dan Al serta tentukan katode dan anode!

 Jawab:

 $E°_{sel} = E°_{(+)} - E°_{(-)}$
 $= E°_{Ag} - E°_{Al}$
 $= (+0{,}80) - (-1{,}66)$
 $= +2{,}46$ V

 Katode = elektrode positif, cari $E°$ yang lebih positif($E°_{(+)}$), yaitu Ag.
 Anode = elektrode negatif, cari $E°$ yang lebih negatif ($E°_{(-)}$), yaitu Al.

4. Diketahui: $Fe^{2+} + 2\ e^-$ Fe $E° = -0{,}44$ V
 $A1^{3+} + 3\ e^-$ Al $E° = -1{,}66$ V
 a. Tentukan $E°_{sel}$ dari elektrode A1 dan Fe!
 b. Tentukan katode dan anode!
 c. Bagaimana reaksi sel?
 d. Tentukan elektrode yang bertambah dan elektrode yang berkurang!
 e. Tentukan larutan ion yang makin pekat dan larutan ion yang makin encer!

Jawab:

$E°$ lebih positif/lebih besar ($E°_{(+)}$) = $E°_{Fe}$
$E°$ lebih negatif/lebih kecil ($E°_{(-)}$) = $E°_{Al}$

a. $E_{sel} = E°_{(+)} - E°_{(-)}$
$= E°_{Fe} - E°_{Al}$
$= (-0{,}44) - (-1{,}66)$
$= + 1{,}22$ V

b. Katode = $E°_{(+)}$
= besi
Anode = $E°_{(-)}$
= aluminium

c. Reaksi sel
Reaksi reduksi untuk $E°_{(+)}$, yaitu untuk Fe dan reaksi oksidasi untuk $E°_{(-)}$, yaitu untuk Al.

$Fe^{2+} + 2\ e^-$ $\quad$ Fe $\quad \Rightarrow \times 3$
Al $\quad$ $A1^{3+} + 3\ e^-$ $\quad \Rightarrow \times 2$
$3\ Fe^{2+} + 2\ Al$ $\quad$ $3\ Fe + 2\ Al^{3+}$

d. Elektrode yang bertambah pada hasil reaksi, yaitu Fe.
Elektrode yang berkurang pada pereaksi, yaitu Al.

e. Larutan ion yang makin pekat pada hasil reaksi, yaitu ion $A1^{3+}$.
Larutan ion yang makin encer pada pereaksi, yaitu ion Fe^{2+}.

5. Diketahui:
$E°\ Ag^+/Ag = + 0{,}80$ V
$E°\ Cu^{2+}/Cu = + 0{,}34$ V
$E°\ Pb^{2+}/Pb = - 0{,}13$ V
$E°\ Fe^{2+}/Fe = - 0{,}44$ V
$E°\ Zn^{2+}/Zn = - 0{,}76$ V
Manakah dari reaksi sel berikut yang mempunyai potensial sel terbesar?
A. $Pb^{2+} \mid Pb \mid\mid Zn \mid Zn^{2+}$
B. $Cu^{2+} \mid Cu \mid\mid Fe \mid Fe^{2+}$
C. $Ag^{+} \mid Ag \mid\mid Fe \mid Fe^{2+}$
D. $Ag^{+} \mid Ag \mid\mid Zn \mid Zn^{2+}$
E. $Fe^{2+} \mid Fe \mid\mid Zn \mid Zn^{2+}$

Jawab: D

Potensial terbesar terjadi dari potensial reduksi paling positif (E^o_{Ag}) dengan potensial reduksi paling negatif ($E°_{Zn}$) serta reaksi Ag harus reduksi dan reaksi Zn harus oksidasi.

6. Perkiraan Berlangsungnya Reaksi

Memperkirakan berlangsungnya suatu reaksi sudah dijelaskan, yaitu dengan menentukan tanda potensial sel. Jika tanda potensial sel positif, maka reaksi berlangsung dan tanda potensial sel negatif, reaksi tidak berlangsung.

Dalam perkiraan berikut ini tidak menggunakan perhitungan, tetapi hanya memperkirakan dari unsur-unsur yang terdapat dalam deret volta.

Sumber: Chemistry, *The Molecular Nature of Matter and Change*, Martin S. Silberberg, 2000.

Deret Volta:

K Ba Ca Na Mg Al Mn Zn Fe Ni Sn Pb **H** Cu Hg Ag Pt Au

mudah mengalami oksidasi (*reduktor*) ← → *mudah mengalami reduksi* (*oksidator*)

Reaksi perkiraan:

$L(s) + M^{+}(aq) \qquad L^{+}(aq) + M(s)$

Reaksi ini berlangsung dengan syarat logam L terletak di sebelah kiri dari logam M. Reaksi ini disebut juga *reaksi pendesakan* dalam deret volta dengan pengertian logam L yang bebas (atomik) di sebelah kiri mendesak logam M yang terikat (bentuk ion/garam) di sebelah kanan. Logam L yang mendesak lebih aktif dibanding logam M yang didesak.

Contoh reaksi berlangsung:

$Mg(s) + Zn^{2+}(aq) \qquad Mg^{2+}(aq) + Zn(s)$

$Ni(s) + Pb(NO_3)_2(aq) \qquad Ni(NO_3)_2(aq) + Pb(s)$

$Fe(s) + 2\ Ag^{+}(aq) \qquad Fe^{2+}(aq) + 2\ Ag(s)$

$NiSO_4(aq) + Zn(s) \qquad Ni(s) + ZnSO_4(aq)$

$Cu^{2+}(aq) + Ca(s) \qquad Cu(s) + Ca^{2+}(aq)$

Perhatikan logam bebas (atomik) mendesak logam terikat (bentuk ion/garam). Dalam deret volta semua logam bebas berada di sebelah kiri logam terikat. Jika kelima contoh reaksi di atas dihitung potensial selnya, maka akan bertanda positif.

Contoh reaksi tidak berlangsung:

$Ni(s) + Zn^{2+}(aq)$ tidak terjadi reaksi

$2\ Ag(s) + FeSO_4(aq)$ tidak terjadi reaksi

$Pb(s) + MnSO_4(aq)$ tidak terjadi reaksi

$Ni^{2+}(aq) + Cu(s)$ tidak terjadi reaksi

$ZnSO_4(aq) + Sn(s)$ tidak terjadi reaksi

Perhatikan logam bebas (atomik) berada di sebelah kanan logam terikat (bentuk ion/garam) dalam deret volta. Berarti kelima reaksi di atas tidak berlangsung (tidak terjadi reaksi). Jika dihitung potensial sel, maka akan berharga negatif.

7. Kegunaan Sel Volta

Dalam kehidupan sehari-hari, arus listrik yang dihasilkan dari suatu reaksi kimia dalam sel volta banyak kegunaannya, seperti untuk radio, kalkulator, televisi, kendaraan bermotor, dan lain-lain.
Sel volta dalam kehidupan sehari-hari ada dalam bentuk berikut.

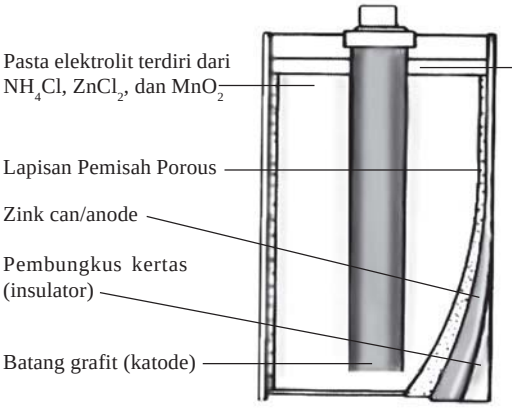
a. Sel Baterai

1) Baterai Biasa

Baterai yang sering kita gunakan disebut juga *sel kering* atau *sel Lecanche*. Dikatakan sel kering karena jumlah air yang dipakai sedikit (dibatasi). Sel ini terdiri atas:

Anode : Logam seng (Zn) yang dipakai sebagai wadah.
Katode : Batang karbon (tidak aktif).
Elektrolit : Campuran berupa pasta yang terdiri dari MnO_2, NH_4Cl, dan sedikit air.
Reaksi:
Anode : $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2\ e^-$
Katode :

$$2\ MnO_2(s) + 2\ NH_4^+(aq) + 2\ e^- \rightarrow Mn_2O_3(s) + 2\ NH_3(g) + H_2O(l)$$

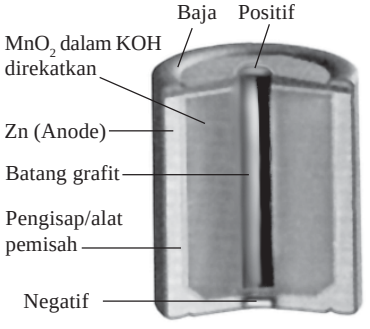


Gambar 2.3 Baterai Leclanche. Sumber: Chemistry, Gillespie, Humphreys, Baird, Robinson. International Student Edition, USA.

2) Baterai Alkaline

Pada baterai alkaline dapat dihasilkan energi dua kali lebih besar dibanding baterai biasa. Sel ini terdiri atas:

Anode : Logam seng (Zn) yang sama seperti baterai biasa digunakan sebagai wadah.
Katode : Oksida mangan (MnO_2).
Elektrolit : Kalium hidroksida (KOH).
Reaksi:
Anode : $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2\ e^-$
Katode : $2\ MnO_2 + H_2O + 2\ e^- \rightarrow Mn_2O_3 + 2\ OH^-$
Ion Zn^{2+} bereaksi dengan OH^- membentuk $Zn(OH)_2$.



Gambar 2.4 Baterai Alkaline. Sumber: Chemistry, The Moleculer Nature of Matter and Change, Martin, S.Silberberg, USA

Sumber: General Chemistry, Principles & Structure, James E Brady, 1990

Kimia di Sekitar Kita

Baterai litium adalah penemuan terbaru yang melibatkan litium sebagai anode dan oksida logam transisi/sulfida sebagai katode (MnO_2, V_6O_{13}, TiS_2). Larutan elektrolitnya adalah polimer yang dapat menyebabkan ion Li^+ mengalir namun bukan sebagai elektron. Reaksi sel dapat berlangsung bolak-balik pada waktu pengisian ulang (*recharge*).



Gambar 2.5 Komputer laptop. (Sumber: Chemistry, *The Moleculer Nature of Matter and Change*, Martin S. Silberberg, USA)

Kegunaan baterai litium untuk tuts pada kalkulator, baterai pada jam dan kamera, sedangkan pada ukuran besar untuk baterai pada komputer laptop.

Keuntungan baterai litium adalah mempunyai rasi energi/massa sangat tinggi = 1 mol elektron (1 Faraday). Dapat dihasilkan kurang dari 7 gram logam (A_r Li = 6,941 gram/mol).

Kerugian dari pemakaian baterai litium adalah harganya lumayan mahal, pada awal penemuan memiliki daur hidup pendek, dan hasil yang bervariasi.

Sumber: General Chemistry, *Principles & Structure*, James E Brady, 1990

b. Sel Aki

Sel aki atau accu merupakan contoh sel volta yang bersifat reversibel, di mana hasil reaksi dapat diubah kembali menjadi zat semula. Pada sel aki jika sudah lemah dapat diisi ulang, sedangkan pada sel baterai tidak bisa.

Sel ini terdiri atas:

Anode : Lempeng logam timbal (Pb).
Katode : Lempeng logam oksida timbal (PbO_2).
Ektrolit : Larutan asam sulfat (H_2SO_4) encer.

Reaksi pengosongan aki:

Anode : $Pb(s) + \quad (aq) \quad PbSO_4(s) + H^+(aq) + 2\ e^-$

Katode :

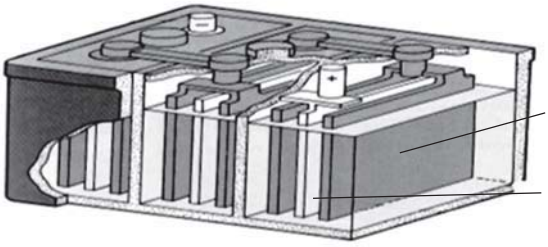
$PbO_2(s) + \quad (aq) + 3\ H^+(aq) + 2\ e^- \quad PbSO_4(aq) + 2\ H_2O$

Reaksi lengkapnya:

$Pb(s) + PbO_2(s) + 2 \quad (aq) + 2\ H^+(aq) \quad 2\ PbSO_4(s) + 2\ H_2O\ (l)$

Ketika sel ini menghasilkan arus listrik, anode Pb dan katode PbO_2 berubah membentuk $PbSO_4$. Ion H^+ dari H_2SO_4 berubah membentuk H_2O sehingga konsentrasi H_2SO_4 akan berkurang. Kemudian sel aki dapat diisi/disetrum kembali, sehingga konsentrasi asam sulfat kembali seperti semula. Proses ini nanti merupakan contoh dalam sel elektrolisis.

Sumber: *General Chemistry, Principles & Structure*, James E Brady, 1990.



Gambar 2.6 Pengosongan sel aki. Sumber: *Chemistry and Chemical Reactivity,* John C Koltz and Keith F Purcell, Sauders College Publishing, USA, 1987.

8. Korosi

Korosi adalah teroksidasinya suatu logam. Dalam kehidupan sehari-hari, besi yang teroksidasi disebut dengan *karat* dengan rumus $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$.

Proses perkaratan termasuk proses elektrokimia, di mana logam Fe yang teroksidasi bertindak sebagai anode dan oksigen yang terlarut dalam air yang ada pada permukaan besi bertindak sebagai katode.

Reaksi perkaratan:

Anode : $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2\ e^-$

Katode : $O_2 + 2\ H_2O + 4\ e^- \rightarrow 4\ OH^-$

Fe^{2+} yang dihasilkan, berangsur-angsur akan dioksidasi membentuk Fe^{3+}. Sedangkan OH^- akan bergabung dengan elektrolit yang ada di alam atau dengan ion H^+ dari terlarutnya oksida asam (SO_2, NO_2) dari hasil perubahan dengan air hujan. Dari hasil reaksi di atas akan dihasilkan karat dengan rumus senyawa $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$. Karat ini bersifat katalis untuk proses perkaratan berikutnya yang disebut *autokatalis*.

a. Kerugian

Besi yang terkena korosi akan bersifat rapuh dan tidak ada kekuatan. Ini sangat membahayakan kalau besi tersebut digunakan sebagai pondasi bangunan atau jembatan. Senyawa karat juga membahayakan kesehatan, sehingga besi tidak bisa digunakan sebagai alat-alat masak, alat-alat industri makanan/farmasi/kimia.

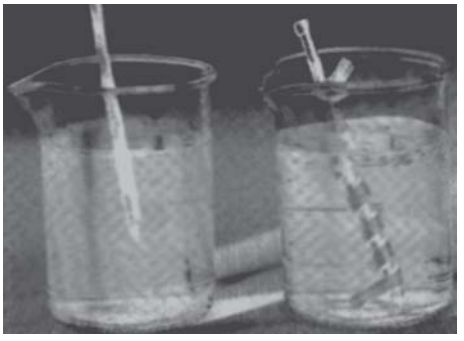
b. Pencegahan

Pencegahan besi dari perkaratan bisa dilakukan dengan cara berikut.

1) Proses pelapisan

Besi dilapisi dengan suatu zat yang sukar ditembus oksigen. Hal ini dilakukan dengan cara dicat atau dilapisi dengan logam yang sukar teroksidasi. Logam yang digunakan adalah logam yang terletak di sebelah kanan besi dalam deret volta (potensial reduksi lebih negatif dari besi). Contohnya: logam perak, emas, platina, timah, dan nikel.

2) Proses katode pelindung (proteksi katodik)
Besi dilindungi dari korosi dengan menempatkan besi sebagai katode, bukan sebagai anode. Dengan demikian besi dihubungkan dengan logam lain yang mudah teroksidasi, yaitu logam di sebelah kiri besi dalam deret volta (logam dengan potensial reduksi lebih positif dari besi).
Hanya saja logam Al dan Zn tidak bisa digunakan karena kedua logam tersebut mudah teroksidasi, tetapi oksida yang terbentuk ($A1_2O_3$/ZnO) bertindak sebagai inhibitor dengan cara menutup rapat logam yang di dalamnya, sehingga oksigen tidak mampu masuk dan tidak teroksidasi. Logam-logam alkali, seperti Na, K juga tidak bisa digunakan karena akan bereaksi dengan adanya air. Logam yang paling sesuai untuk proteksi katodik adalah logam magnesium (Mg). Logam Mg di sini bertindak sebagai anode dan akan terserang karat sampai habis, sedang besi bertindak sebagai katode tidak mengalami korosi.



Gambar 2.7 Perlindungan katodik pada paku (besi) oleh logam magnesium. Sumber: Chemistry, Gillespie, Humphreys, Baird, Robinson. International Student Edition, USA.

Kiri : Paku besi ditempatkan pada gelas beker yang berisi air hangat dan indikator fenolftalein dan paku segera berubah tertutup karat dan indikator fenolftalein menjadi merah muda karena terbentuk ion hidroksida dari $Fe(OH)_3$.

Kanan : Jika paku besi dililit oleh pita magnesium, maka logam magnesium akan lebih mudah dioksidasi daripada besi, sehingga magnesium bertindak sebagai anode pada sel elektrokimia dan besi bertindak sebagai katode. Karena logam magnesium lebih mudah dioksidasi daripada besi sehingga tidak terbentuk karat.

Latihan 2.2

1. Diketahui: $Ag^+|\,Ag$ $\quad E° = +0{,}80$ V
 $Mg^{2+}|\,Mg$ $\quad E° = -2{,}37$ V
 Tentukan:
 a. katode dan anode
 b. reaksi pada katode dan anode
 c. potensial sel standar ($E°_{sel}$)
 d. notasi sel volta
2. Diketahui: $Ni^{2+}|\,Ni$ $\quad E° = -0{,}25$ V
 $Pb^{2+}\,|\,Pb$ $\quad E° = -0{,}13$ V
 Tentukan:
 a. katode dan anode
 b. reaksi pada katode dan anode
 c. potensial sel standar ($E°_{sel}$)
 d. notasi sel volta
3. Diketahui : $Cl^-|Cl_2\,||\,F_2|\,F^-$ $\quad E°_{sel} = +1{,}51$ V
 $Br^-|\,Br_2||Cl_2|Cl^-$ $\quad E°_{sel} = +0{,}31$ V
 $I^-|\,I_2||Br_2|\,Br^-$ $\quad E°_{sel} = +0{,}53$ V

Di antara F_2, Cl_2, Br_2, I_2, urutkan oksidator dari yang paling lemah ke yang paling kuat!

4. Tentukan besarnya *x* bila diketahui data beberapa harga $E°_{sel}$ sebagai berikut.

Katode / Anode	$Fe^{2+}\|Fe$	$Pb^{2+}\|Pb$
$Mg\|Mg^{2+}$	1,92 V	*x*
$Zn\|Zn^{2+}$	0,32 V	0,63 V

5. Tulislah reaksi pada:
 a. pengosongan aki
 b. pengisian aki
6. Jelaskan perlindungan katodik pada besi dengan logam magnesium! Mengapa logam Al, Zn, dan logam-logam alkali tidak dapat digunakan untuk perlindungan katodik pada besi?
7. Diketahui: $Fe + Cu^{2+} \quad Fe^{2+} + Cu \quad E^o = +0{,}78$ V
 $Sn^{2+} + 2\,e^- \quad Sn \quad E^o = -0{,}14$ V
 $Cu^{2+} + 2\,e^- \quad Cu \quad E^o = +0{,}34$ V
 Tentukan besarnya potensial sel standar (E^o_{sel}) dari:
 $Fe + Sn^{2+} \quad Fe^{2+} + Sn$
8. Tentukan perbedaan pada baterai *Leclanche*, baterai alkaline, dan baterai litium pada:
 a. zat yang bertindak sebagai katode dan anode
 b. reaksi yang terjadi di katode dan anode
 c. kegunaan dalam kehidupan sehari-hari

2.3 Sel Elektrolisis

Seorang ahli dari Inggris bernama **Michael Faraday** mengalirkan arus listrik ke dalam larutan elektrolit dan ternyata terjadi suatu reaksi kimia. Proses penggunaan arus listrik untuk menghasilkan reaksi kimia disebut *sel elektrolisis*. Arus listrik ini bisa berasal dari sel volta.

Untuk memahami bagaimana reaksi kimia yang terjadi dalam sel elektrolisis, maka perlu diingat ketentuan-ketentuan reaksi elektrolisis.

Dalam setiap ketentuan reaksi elektrolisis terjadi persaingan antarspesi (ion atau molekul) untuk mengalami reaksi reduksi atau reaksi oksidasi. Setiap zat yang mempunyai kemampuan reduksi besar akan mengalami reaksi reduksi dan setiap zat yang mempunyai kemampuan oksidasi besar akan mengalami reaksi oksidasi.

Sumber: *Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change,* Martin S. Silberberg, 2000.

A. Sel Elektrolisis Bentuk Lelehan/Cairan/Liquid

Sel bentuk ini hanya berlaku untuk senyawa ionik dengan tidak ada zat pelarut (*tidak ada* H_2O). Hanya ada kation dan anion.

Katode : Kation langsung direduksi ($X^+(aq) + e^-$ $X(s)$)
Anode : Anion langsung dioksidasi ($Y(s)$ $Y^+(aq) + e^-$).

Kation golongan utama atau golongan transisi langsung direduksi.

Contoh 2.6

1. Tuliskan reaksi elektrolisis cairan NaCI dengan elektrode platina!

 Jawab:

		$NaCl(l)$	$Na^+ + Cl^-$	 × 2
Katode (Pt)	:	$Na^+ + e^-$	$Na(s)$	 × 2
Anode (Pt)	:	$2\ Cl^-$	$C1_2(g) + 2\ e^-$	 × 1
		$2\ NaCl(l)$	$2\ Na(s) + Cl_2(g)$	+

2. Tuliskan reaksi elektrolisis lelehan Ag_2O dengan elektrode *Pt*!

 Jawab:

		$Ag_2O(l)$	$2\ Ag^+ + O^{2-}$	 × 2
Katode (Pt)	:	$2\ Ag^+ + 2\ e^-$	$2\ Ag(s)$	 × 2
Anode (Pt)	:	$2\ O^{2-}$	$O_2(g) + 4\ e^-$	 × 1
		$2\ Ag_2O(l)$	$4\ Ag(s) + O_2(g)$	+

B. Sel Bentuk Larutan dengan Elektrode Tidak Bereaksi (Inert/Tidak Aktif)

Dalam sel bentuk ini tidak ada pengaruh elektrode, hanya di samping kation dan anion diperhitungkan juga adanya zat pelarut (adanya air). Elektrode yang digunakan adalah platina (Pt) dan karbon (C).

1. Ketentuan di Katode

Di katode terjadi reaksi reduksi, untuk ini terjadi persaingan antara kation atau air. Untuk kation yang mempunyai potensial reduksi lebih besar dibanding air, berarti kation tersebut direduksi. Sedangkan jika potensial reduksi kation lebih kecil dibanding air, maka H_2O yang berhak direduksi. Untuk itu kita harus mengetahui posisi H_2O dalam deret volta. Posisi H_2O dalam deret volta terdapat di antara Mn dan Zn.

... Ca Na Mg A1 Mn | H_2O | Zn Fe Ni Sn

yang direduksi H_2O — yang direduksi kation tersebut

Ternyata kebanyakan logam yang berada di sebelah kiri H_2O adalah logam-logam golongan utama (golongan A), kecuali logam Mn. Sedangkan logam yang berada di sebelah kanan H_2O adalah logam-logam golongan transisi (golongan B), kecuali H.
Secara sederhana:

Katode: Kation
- Golongan utama, yang direduksi H_2O.
 $2\ H_2O(l) + 2\ e^- \rightarrow 2\ OH^-(aq) + H_2(g)$
- Golongan transisi, yang direduksi kation tersebut.
 Misal: $Fe^{3+}(aq) + 3\ e^- \rightarrow Fe(s)$
 $Ni^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightarrow Ni(s)$

Sumber: *Chemistry*, Gillespie, Humphreys, Baird, Robinson.

2. Ketentuan di Anode

Di anode terjadi reaksi oksidasi, untuk ini terjadi persaingan antara anion dan air. Idealnya untuk anion dengan potensial reduksi kecil atau dengan potensial oksidasi besar, maka anion tersebut dioksidasi. Sedangkan untuk anion dengan potensial reduksi besar atau potensial oksidasi kecil, maka H_2O yang dioksidasi. Hanya saja kebanyakan urutan potensial reduksi yang mudah untuk diingat adalah kation bukan anion.

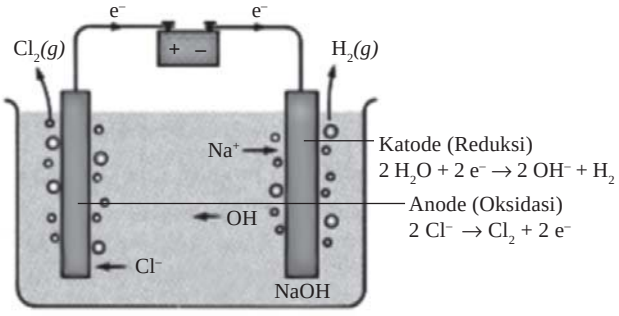
Untuk memudahkan mengingat, kita lihat ada 2 golongan anion, yaitu anion yang mengandung O, seperti SO, NO_3, $C1O_4^-$ maka yang dioksidasi adalah H_2O. Ini disebabkan karena anion tersebut sukar dioksidasi (Ingat, reaksi oksidasi dexigan oksigen). Berarti anion ini sudah maksimum mengikat atom O sehingga tidak bisa lagi dioksidasi. Biloks S pada SO_4^-, biloks N pada NO_3, atau biloks Cl pada $C1O_4$ sudah merupakan biloks terbesar, sehingga tidak dapat biloksnya bertarribah (tidak dapat melakukan oksidasi).

Sedangkan anion yang tidak mengandung O, seperti Cl^-, Br^-, I^-, dan OH^- maka yang dioksidasi adalah anion tersebut.
Secara sederhana:

Anode: Anion
- Yang mengandung O (,NO_3^-, $C1O_4^-$), yang dioksidasi H_2O.
 $H_2O(l) \rightarrow 4\ H^+(aq) + O_2(g) + 4\ e^-$
- Yang tidak mengandung O (Cl^-, Br^-, I^-, H^-), yang dioksidasi anion tersebut.
 Contoh:
 $2\ Cl^-(aq) \rightarrow Cl_2(aq) + 2\ e^-$
 $4\ OH^-(aq) \rightarrow 2\ H_2O(l) + O_2(g) + 4\ e^-$

Contoh 2.7

1. Tuliskan reaksi elektrolisis la-rutan NaCl dengan elektrode karbon!



Jawab:

		NaCl	$Na^+(aq) + Cl^-(aq)$
Anode	:	$2\ Cl^-(aq)$	$Cl_2(aq) + 2\ e^-$
Katode	:	$2\ H_2O(l) + 2\ e^-$	$2\ OH^-(aq) + H_2(g)$
		$2\ H_2O(l) + 2\ Cl^-(aq)$	$2\ OH^-(aq) + H_2(g) + Cl_2(aq)$ +

Secara lengkap reaksi yang terjadi:

$$2\ H_2O(l) + 2\ NaCl(aq) \quad 2\ NaOH(aq) + H_2(g) + Cl_2(g)$$

2. Tuliskan reaksi elektrolisis larutan $NaNO_3$ dengan elektrode platina!

Jawab:

Larutan $NaNO_3$ berarti kation golongan utama, maka yang direduksi H_2O dan anion mengandung oksigen maka yang dioksidasi H_2O.

		$NaNO_3(aq)$	$Na^+ + NO_3^-$	 × 4
Katode (Pt)	:	$2\ H_2O + 2\ e^-$	$2\ OH^- + H_2$	 × 2
Anode (Pt)	:	$2\ H_2O$	$4\ e^- + 4\ H^+ + O_2$	 × 1
		$4\ NaNO_3 + 6\ H_2O$	$4\ Na^+ + 4\ OH^- + 4\ H^+ + 4\ NO_3 + 2\ H_2 + O_2$	+

3. Tuliskan reaksi elektrolisis larutan $NiSO_4$ dengan elektrode karbon!

Jawab:

Larutan $NiSO_4$ berarti kation golongan transisi, maka yang direduksi kation tersebut dan anion mengandung O maka dioksidasi H_2O.

		$NiSO_4(aq)$	$Ni^{2+} + SO_4^{2-}$	 × 2
Katode (C)	:	$Ni^{2+} + 2\ e^-$	$Ni(s)$	 × 2
Anode (C)	:	$2\ H_2O$	$4\ e^- + 4\ H^+ + O_2$	 × 1
		$2\ NiSO_4 + 2\ H_2O$	$2\ Ni(s) + 4\ H^+ + 2\ SO_4^{2-} + O_2$	+

4. Tuliskan reaksi elektrolisis larutan HCl dengan elektrode Pt!

Jawab:

Larutan HCl berarti kation ion H^+, walaupun golongan utama maka yang direduksi kation tersebut. Ingat perkecualian, karena letaknya di sebelah kanan dari H_2O. Anion tidak mengandung O maka anion tersebut dioksidasi.

	$HCl(aq)$	$H^+(aq) + Cl^-(aq)$	 × 2
Katode (Pt) :	$2\ H^+ + 2\ e^-$	$H_2(g)$	
Anode (Pt) :	$2\ Cl^-$	$2\ e^- + C1_2(g)$	
	$2\ HCl(aq)$	$H_2(g) + C1_2(g)$	+

Sumber: *Chemistry*, Gillespie, Humphreys, Baird, Robinson.

C. Sel Bentuk Larutan dengan Elektrode Bereaksi (Elektrode Aktif)

Elektrode yang bereaksi adalah elektrode bukan platina atau bukan karbon. Termasuk elektrode ini adalah tembaga (Cu), perak (Ag), nikel (Ni), besi (Fe), dan lainnya.

Elektrode kebanyakan adalah logam, dengan demikian elektrode mempengaruhi pada reaksi oksidasi di anode. Jadi elektrode yang bereaksi hanya di anode. Sedangkan di katode, elektrode tidak akan bereaksi. Ketentuan sel ini:

Katode : Seperti ketentuan kation pada larutan dengan elektrode tidak bereaksi.

Anode : Dioksidasi elektrode tersebut, apapun anionnya tidak diperhatikan.

Contoh 2.8

1. Tuliskan reaksi elektrolisis larutan $NiSO_4$ dengan elektode perak!

Jawab:

Larutan $NiSO_4$ berarti kation golongan transisi, maka di katode direduksi. Sedangkan di anode, elektrode Ag dioksidasi.

	$NiSO_4(aq)$	$Ni^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$	 × 2
Katode (Ag) :	$Ni^{2+}(aq) + 2\ e^-$	$3\ Ni(s)$	 × 1
Anode (Ag) :	$Ag(s)$	$e^- + Ag^+(aq)$	 × 2
	$2\ NiSO_4(aq) + 2\ Ag(s)$	$Ni(s) + 2\ Ag^+(aq) + 2\ SO_4^{2-}(aq)$	+

2) Tuliskan reaksi elektrolisis larutan KCl dengan elektrode Cu!

Jawab:

Larutan KCl berarti kation golongan utama, maka yang direduksi H_2O. Sedangkan di anode, elektrode Cu dioksidasi.

	$KCl(aq)$	$K^+ + Cl^-$	 × 2
Katode (Cu) :	$2\ H_2O + 2\ e^-$	$2\ OH^- + O_2$	
Anode (Cu) :	$Cu(s)$	$Cu^{2+}(aq) + 2\ e^-$	
	$2\ KC1(aq) + 2\ H_2O + Cu(s)$	$2\ K^+ + 2\ OH^- + Cu^{2+} + 2\ C1^- + O_2$	+

3) Tuliskan elektrolisis larutan $AgNO_3$ dengan elektrode pada katode adalah besi dan pada anode adalah platina!

Jawab:

Elektrode anode digunakan Pt berarti tidak bereaksi. Begitu juga Fe ditempatkan di katode, maka tidak bereaksi. Jadi sama saja seperti elektrode Pt di katode dan anode. Larutan $AgNO_3$ berarti kation golongan transisi, direduksi kation tersebut dan anion mengandung O maka yang dioksidasi H_2O.

		$AgNO_3(aq)$	$Ag^+ + NO_3^-$	 × 4
Katode (Fe)	:	$Ag^+ + e^-$	$Ag(s)$	 × 4
Anode (Pt)	:	$2\ H_2O$	$4\ e^- + 4\ H^+ + O_2$	 × 1
		$4\ AgNO_3 + 2\ H_2O$	$4\ Ag(s) + 4\ H^+ + 4\ NO_3^- + O_2$	+

D. Hukum Faraday I

Banyaknya zat yang dihasilkan dari reaksi elektrolisis sebanding dengan banyaknya arus listrik yang dialirkan ke dalam larutan. Hal ini dapat digambarkan dengan hukum Faraday I:



W = massa zat yang dihasilkan

e = bobot ekivalen =

i = arus dalam ampere
t = waktu dalam satuan detik
F = tetapan Faraday di mana 1 faraday = 96.500 coulomb
$i \cdot t$ = arus dalam satuan coulomb

= arus dalam satuan faraday (F)

= grek (gram ekivalen)

Kimia Untuk Universitas, Jilid 2, Keenan - A.Hadyana P, Erlangga, 1986.

Grek adalah mol elektron dari suatu reaksi, yang sama dengan perubahan biloks 1 mol zat.
Dari rumusan di atas diperoleh:
jumlah faraday = grek
= mol elektron
= perubahan biloks 1 mol zat

Contoh 2.9

1. Berapa jumlah faraday yang diperlukan untuk mereduksi 1 mol ion bromat, BrO_3^- menjadi brom, Br_2?

 Jawab:

 BrO_3^- → $2\ Br_2$, biloks Br berubah dari +5 menjadi 0 ⇒ perubahan = 5

 Jadi jumlah faraday = 5.

2. Berapa mol elektron yang diperlukan untuk mengubah 1 mol asam sulfat menurut reaksi:

 $H_2SO_4 + 8\ HI \rightarrow H_2S + 4\ I_2 + 4\ H_2O$

 Jawab:

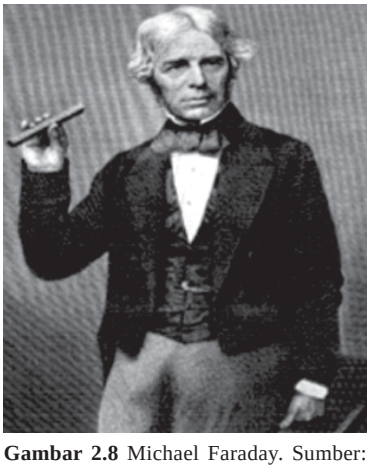
 H_2SO_4 → H_2S, biloks S berubah dari +6 menjadi –2 ⇒ perubahan = 8

 Jadi, diperlukan 8 mol elektron.

Dalam penentuan massa zat yang dihasilkan dalam reaksi elektrolisis, biasanya data yang diketahui adalah A_r bukan e. Sedangkan e = A_r, sehingga n rumusan hukum Faraday I menjadi:

$$W = \frac{A_r \cdot i \cdot t}{n F}$$

n = valensi atau banyaknya mol elektron untuk setiap mol zat
A_r = massa atom relatif unsur
i = kuat arus (ampere)
t = waktu (detik)
F = tetapan Faraday
= 96.500 coulomb



Gambar 2.8 Michael Faraday. Sumber: Chemistry, Gillespie, Humphreys, Baird, Robinson. International Student Edition, USA.

Contoh 2.10

1. Berapa gram logam Cu (A_r = 63,5) dapat diendapkan jika arus listrik sebesar 5 ampere dilewatkan dalam larutan $CuSO_4$ selama 2 jam?
 Tetapan Faraday = 96.500 coulomb.

 Jawab:

 $CuSO_4$ berarti Cu^{2+} maka harga n = 2;
 t = 2 jam = 2 × 3.600 detik = 7.200 detik.

 W =

 = ×

 = 11,85 gram

 Jadi, massa logam Cu yang mengendap = 11,85 gram.

2. Berapa faraday arus listrik yang diperlukan untuk mendapatkan 21,6 gram logam perak (A_r Ag = 108) yang dialirkan ke dalam larutan $AgNO_3$?

 Jawab:

 $AgNO_3$ berarti Ag^+ maka harga n = 1.

 Arus dalam satuan faraday adalah maka dari W = · diperoleh:

 = = = 0,2 F

 Jadi, arus listrik yang dialirkan sebesar 0,2 faraday.

3. Arus listrik sebesar 1.000 coulomb dialirkan ke dalam larutan $NiSO_4$. Jika A_r Ni = 59, tentukan banyaknya logam Ni yang mengendap!
 Diketahui

 Jawab:

 $NiSO_4$ berarti Ni^{2+} maka harga n = 2.
 Arus dalam coulomb adalah $i \cdot t$ maka:

 W =

 =

 = 0,306 gram

 Jadi, endapan logam Ni sebesar 0,306 gram.

E. Hukum Faraday II

Faraday mengalirkan arus listrik yang disusun secara seri dan ternyata banyaknya zat-zat yang dihasilkan setiap larutan dapat dinyatakan dengan rumusan:

$$\frac{W_1 \times n_1}{A_{r1}} = \frac{W_2 \times n_2}{A_{r2}}$$

Contoh 2.11

1. Ke dalam 2 sel larutan $AgNO_3$ dan larutan $CuSO_4$ yang disusun secara seri dialirkan arus listrik dan ternyata diendapkan 5,4 gram logam Ag. Jika A_r Ag = 108 dan A_r Cu = 63,5, tentukan banyaknya logam Cu yang mengendap!

 Jawab:

 $$\frac{W_{Cu} \cdot n_{Cu}}{A_r\ C_u} = \frac{W_{Ag} \cdot n_{Ag}}{A_r\ Ag}$$

 $$W_{Cu} = \frac{5,4 \times 1}{108} \times \frac{63,5}{2} = 1,588 \text{ gram}$$

 Jadi, banyaknya logam Cu yang mengendap sebesar 1,588 gram.

$$\frac{W_{OH^-} \cdot n_{OH^-}}{M_{r\ OH^-}} \rightarrow n_{OH^-} \quad \frac{A_r\ Ni}{n_{Ni}}$$

2. Ke dalam 2 sel 1 liter larutan $NiSO_4$ dan 1 liter larutan KCl disusun secara seri, dialirkan arus listrik sampai *p*H larutan KCl = 12. Jika A_r Ni = 59, tentukan banyaknya logam Ni yang mengendap!

 Jawab:

 $NiSO_4$ berarti Ni^{2+} maka $n = 2$

 *p*H larutan hasil elektrolisis KCl = 12, berarti *p*H basa, maka:

 *p*H = 12 berarti *p*OH = 14 – 12 = 2

 $[OH^-] = 10^{-2}$ mol/L

 mol $OH^- = 10^{-2}$ (ini merupakan $\frac{W}{M_r}$)

 Harga *n* untuk OH^- sebesar 1, maka:

 =

 W_{Ni} =

 = $10^{-2} \cdot 1 \cdot \frac{59}{2}$

 = 0,295 gram.

 Jadi, banyaknya Ni yang mengendap = 0,295 gram.

F. Kegunaan Sel Elektrolisis

1. Proses Penyepuhan/Pelapisan Logam

Logam besi/baja mudah terkena korosi/karat. Untuk melindungi besi/baja dari korosi, maka besi/baja dilapisi suatu logam yang sukar teroksidasi, seperti nikel (Ni), timah (Sn), krom (Cr), perak (Ag), atau emas (Au). Prinsip kerja penyepuhan/pelapisan logam adalah sel elektrolisis larutan dengan menggunakan elektrode yang bereaksi.

Contoh 2.12

Proses penyepuhan/pelapisan logam besi dengan emas

Katode : logam besi (Fe)
Anode : logam emas (Au)

Digunakan larutan $AuCl_3(aq)$ sebagai penghantar.

Reaksi : $AuC1_3(aq)$ $Au^{3+}(aq) + 3\ Cl^{-}(aq)$
Katode (Fe) : $Au^{3+}(aq) + 3\ e^{-}$ $Au(s)$
Anode (Au) : $Au(s)$ $Au^{3+}(aq) + 3\ e^{-}$

Proses: Logam emas di anoda dioksidasi dan berubah menjadi ion Au^{3+} · Ion Au^{3+} yang terjadi bergabung dengan ion Au^{3+} dalam larutan. Kemudian ion Au^{3+} di katode direduksi membentuk endapan emas. Karena di katode digunakan besi, maka endapan emas akan melapisi besi.



Listrik mengalir antara lempengan tembaga dalam larutan asam dikromat ($H_2Cr_2O_7$), yang dipertahankan dengan menambah kromium(III) oksida (Cr_2O_3) dalam larutan. Setelah beberapa menit lempeng tembaga sudah dilapisi oleh lapisan mengkilap kromium.

Gambar 2.9 Pelapisan logam tembaga dengan kromium. Sumber: Chemistry, Gillespie, Humphreys, Baird, Robinson. International Student Edition, USA.

Tugas Kelompok

Apakah ada anggota keluarga atau tetangga Anda yang pekerjaannya *menyepuh/melapis logam*? Apakah menyepuh perhiasan, melapis roda kendaraan dengan krom, dan sebagainya (sebutkan lainnya!)? Seperti perajin perak di Kota Gede, Yogyakarta. Mereka menggunakan proses pelapisan kuningan, logam tembaga, atau logam lainnya dengan logam perak. Tugas Anda adalah mencari perajin (penyepuh/pelapis logam) yang terdapat di sekitar rumah Anda. Kemudian jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Bahan-bahan apa saja yang akan disepuh?
2. Bahan-bahan apa saja yang akan digunakan untuk menyepuh?
3. Alat-alat apa saja yang digunakan untuk menyepuh?
4. Zat apa yang berfungsi sebagai katode?
5. Zat apa yang berfungsi sebagai anode?
6. Apakah zat elektrolitnya?
7. Jelaskan cara penyepuhan tersebut!
8. Buatlah bagan/skema sederhana tentang cara penyepuhan yang Anda amati!
9. Berapakah biaya untuk jasa penyepuhan tersebut?

$SO_4^{2-}\rightarrow$

2. Proses Pemurnian Logam Kotor

Prinsip pemurnian logam transisi dengan menggunakan reaksi elektrolisis larutan dengan elektrode yang bereaksi.

Logam yang kotor ditempelkan di anode dan logam murni ditempatkan di katode. Larutan yang digunakan adalah yang mempunyai kation logam tersebut.

Contoh : pemurnian logam tembaga
Katode : tembaga murni
Anode : tembaga kotor (yang akan dimurnikan)

Digunakan larutan $CuSO_4$

Reaksi	:	$CuSO_4(aq)$	Cu^{2+} +
Katode (Cu murni)	:	$Cu^{2+}(aq) + 2\ e^-$	$Cu(s)$
Anode (Cu kotor)	:	$Cu(s)$	$Cu^{2+}(aq) + 2\ e^-$

Proses:

Logam Cu yang kotor dioksidasi dan berubah menjadi larutan Cu^{2+}. Ion Cu^{2+} bergabung dengan larutan yang ada dan bergerak ke katode. Di katode, ion Cu^{2+} direduksi membentuk logam kembali. Pada waktu ion Cu^{2+} di anode bergerak ke katode, maka harus ada penyaring, sehingga yang ke katode hanya ion Cu^{2+} saja, sedangkan pengotornya tetap di anode. Akibatnya daerah katode adalah daerah bersih dan Cu^{2+} yang diendapkan akan menghasilkan logam Cu yang murni.

Latihan 2.3

1. Tulislah reaksi elektrolisis cairan $MgCl_2$ dengan elektrode platina!
2. Tulislah reaksi elektrolisis cairan $AuCl_3$ dengan elektrode platina!
3. Tulislah reaksi elektrolisis larutan berikut ini dengan elektrode karbon.
 a. Larutan H_2SO_4
 b. Larutan Na_2SO_4
 c. Larutan $MnCl_2$
 d. Larutan $CrCl_3$
4. Tulislah reaksi elektrolisis larutan berikut ini dengan elektrode berikut.

Larutan	Elektrode
$NiSO_4$	Perak
NaCl	Cu
$CuSO_4$	Zn
$AgNO_3$	Platina

5. Sel elektrolisis larutan $AgNO_3$ dengan katode Fe dan anode grafit, setelah dialiri listrik selama 9.650 detik menghasilkan gas O_2 sebanyak 2,24 liter (STP). Berapa gram perak yang mengendap? (A_r Ag = 108)
6. Pada elektrolisis larutan $CuSO_4$ dengan elektrode karbon dihasilkan 2,5 gram tembaga (A_r Cu = 64, S = 32, O = 16). Jika pada kondisi percobaan yang sama, berapa gram perak yang diendapkan dari elektrolisis larutan $AgNO_3$?
7. Pada elektrolisis leburan Al_2O_3 (A_r Al = 27, O = 16) diperoleh logam Al sebanyak 0,255 gram. Tentukan besarnya arus listrik yang diperlukan!
8. Pada elektrolisis larutan asam nitrat dengan elektrode karbon ternyata menggunakan arus listrik sebanyak 0,2 faraday. Berapa liter gas yang terbentuk di anode bila diukur pada 1 liter O_2 massanya 1,28 gram (A_r O = 16)?
9. Arus listrik tertentu mengendapkan 0,54 gram perak dari larutan Ag^+ (A_r Ag = 108). Jika arus dilewatkan melalui larutan X^{2+}, berapakah massa logam X (A_r X = 40) akan mengendap?
10. Tentukan massa endapan tembaga (A_r Cu = 64) yang terjadi pada elektrolisis $CuSO_4$ dengan jumlah listrik 0,5 faraday!
11. Hitunglah volume gas yang terbentuk di anode, jika larutan KNO_3 dielektrolisis selama 965 detik dengan kuat arus sebesar 10 ampere!
12. Jelaskan cara memperoleh tembaga murni dari tembaga kotor!

Rangkuman

1. Reaksi redoks adalah reaksi terjadinya penurunan dan kenaikan bilangan oksidasi (adanya perubahan biloks).
2. Reaksi redoks adalah reaksi penerimaan dan pelepasan elektron (adanya transfer elektron).
3. Cara penyetaraan persamaan reaksi redoks dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu cara setengah reaksi dan cara perubahan bilangan oksidasi.
4. Energi yang dilepaskan dari reaksi redoks dapat diubah menjadi energi listrik dan ini digambarkan dalam sel volta atau sel galvani.
5. Jika energi listrik dialirkan dalam larutan elektrolit, maka akan terjadi reaksi redoks dan ini digambarkan dalam sel elektrolisis.
6. Dalam sel volta ada dua elektrode, yaitu:
 a. Katode : - Elektrode di mana terjadi reaksi reduksi, berarti logam Cu.
 - Dalam sel volta disebut sebagai elektrode positif.
 b. Anode : - Elektrode di mana terjadi reaksi oksidasi, berarti logam Zn.
 - Dalam sel volta disebut sebagai elektrode negatif.
7. Fungsi jembatan garam dalam sel volta adalah menyetarakan kation dan anion dalam larutan.
8. Elektrode standar digunakan elektrode hidrogen. Elektrode ini terdiri atas gas hidrogen murni dengan tekanan 1 atm pada suhu 25 °C yang dialirkan melalui sepotong platina yang tercelup dalam suatu larutan yang mengandung ion H^+ sebesar 1 mol/liter.
9. Potensial elektrode hidrogen standar diberi harga 0 volt ($E° = 0$ volt).
10. Besarnya potensial sel dari suatu reaksi redoks dalam sel volta merupakan total dari potensial elektrode unsur-unsur sesuai dengan reaksinya. Hasil perhitungan potensial sel bisa positif atau bisa negatif. Jika potensial sel bertanda positif berarti reaksi dapat berlangsung, sedangkan jika potensial sel bertanda negatif berarti reaksi tidak dapat berlangsung. Potensial sel dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$E°_{sel} = E°_{(+)} - E°_{(-)}$$

dengan:

$E°_{(+)}$ = potensial elektrode lebih positif (lebih besar)

$E°_{(-)}$ = potensial elektrode lebih negatif (lebih kecil)

11. Kegunaan sel volta, antara lain digunakan sebagai sel baterai dan sel aki.
12. Proses perkaratan termasuk proses elektrokimia, di mana logam Fe yang teroksidasi bertindak sebagai anode dan oksigen yang terlarut dalam air yang ada pada permukaan besi bertindak sebagai katode.

13. Besi dilindungi dari korosi dengan menempatkan besi sebagai katode bukan sebagai anode. Dengan demikian besi dihubungkan dengan logam lain yang mudah teroksidasi, yaitu logam di sebelah kiri besi dalam deret volta (logam dengan potensial reduksi lebih positif dari besi). Logam yang paling sesuai untuk proteksi katodik adalah logam magnesium (Mg). Logam Mg di sini bertindak sebagai anode dan akan terserang karat sampai habis, sedang besi bertindak sebagai katode tidak mengalami korosi.
14. Dalam setiap ketentuan reaksi elektrolisis terjadi persaingan antarspesi (ion atau molekul) untuk mengalami reaksi reduksi atau reaksi oksidasi. Setiap zat yang mempunyai kemampuan reduksi besar akan mengalami reaksi reduksi dan setiap zat yang mempunyai kemampuan oksidasi besar akan mengalami reaksi oksidasi.
15. Ada tiga macam reaksi elektrolisis, yaitu:
 a. Sel elektrolisis bentuk lelehan/cairan/liquid.
 b. Sel elektrolisis dengan elektrode tidak ikut bereaksi (*inert*), yaitu karbon/platina.
 c. Sel elektrolisis dengan elektrode ikut bereaksi.
16. Hukum Faraday I: Banyaknya zat yang dihasilkan dari reaksi elektrolisis sebanding dengan banyaknya arus listrik yang dialirkan ke dalam larutan.

 dengan: W = massa zat yang dihasilkan

 e = bobot ekivalen = $\frac{A_r}{n}$

 i = arus dalam ampere

 t = waktu dalam satuan detik

 F = tetapan Faraday di mana 1 faraday = 96.500 coulomb
17. Hukum Faraday II**:** Arus listrik mengalir disusun secara seri dan ternyata banyaknya zat-zat yang dihasilkan setiap larutan dapat dinyatakan dengan rumusan:
18. Kegunaan sel elektrolisis adalah untuk penyepuhan/pelapisan logam dan pemurnian logam kotor.

Uji Kompetensi

I. Berilah tanda silang (x) huruf A, B, C, D, atau E pada jawaban yang paling tepat!

1. Reaksi berikut ini yang ***bukan*** reaksi redoks adalah … .
 A. $(NH_4)_2Cr_2O_7 \longrightarrow N_2 + 4\ H_2O + Cr_2O_3$
 B. $CuCO_3 + H_2SO_4 \quad CuSO_4 + H_2O + CO_2$
 C. $H_2S + 2\ H_2O + 3\ Cl_2 \quad SO_2 + 6\ HCl$
 D. $Mg + CuSO_4 \quad MgSO_4 + Cu$
 E. $3\ CH_3CHOHCH_3 + 2\ CrO_3 \quad 3\ CH_3COCH_3 + 2\ Cr(OH)_3$
2. Pada reaksi redoks:

 $a\ MnO_4^- + Fe^{2+} + b\ H^+ \quad c\ Mn^{2+} + d\ Fe^{3+} + H_2O$

 koefisien reaksi setara pada *a*, *b*, *c*, dan *d* berturut-turut adalah … .
 A. 1, 4, 1, dan 2
 B. 2, 1, 2, dan 4
 C. 1, 8, 1, dan 5
 D. 2, 8, 2, dan 4
 E. 1, 4, 2, dan 2
3. Pada reaksi redoks:

 $ClO_2 + H_2O \quad HClO_3 + HCl$

 bilangan oksidasi Cl berubah dari … .
 A. 0 menjadi 1 dan –1
 B. 2 menjadi 4 dan 1
 C. 0 menjadi 2 dan 1
 D. 4 menjadi 5 dan –1
 E. 4 menjadi 2 dan –1
4. Unsur Mn yang mempunyai bilangan oksidasi sama dengan bilangan oksidasi S dalam Na_2SO_4 adalah … .
 A. MnO
 B. MnO_2
 C. $Mn(NO_3)_2$
 D. $KMnO_4$
 E. K_2MnO_4
5. Bilangan oksidasi Cl dalam senyawa $HClO_3$ adalah … .
 A. +7
 B. +6
 C. +5
 D. –2
 E. –1
6. Jumlah elektron yang terlibat dalam reaksi redoks:

 $3\ As + 5\ NO_3^- + 4\ OH^- \quad 3\ AsO_4^{3-} + 5\ NO + 2\ H_2O$

 adalah … .
 A. 3
 B. 5
 C. 9
 D. 12
 E. 15

7. Diketahui: $Fe^{3+}|Fe^{2+}$ $E° = +0,77$ V
 $Cl_2|Cl^-$ $E° = +1,36$ V
 Harga potensial reaksi ($E°_{sel}$) dari reaksi oksidasi besi(II) dengan oksidator gas klor dengan persamaan reaksi:
 $2\ Fe^{2+}(aq) + Cl_2(aq) \rightarrow 2\ Fe^{3+}(aq) + 2\ Cl^-(aq)$
 adalah … .
 A. +2,13 volt
 B. +1,95 volt
 C. +0,59 volt
 d. –1,95 volt
 e. –2,13 volt

8. Reaksi yang terjadi pada saat aki digunakan adalah … .
 A. $2\ PbSO_4(s) + 2\ H_2O(l) \rightarrow Pb(s) + PbO_2(s) + 2\ HSO_4^-(aq) + 2\ H^+(aq)$
 B. $PbO_2(s) + 2\ H_2SO_4(aq) \rightarrow PbSO_4(s) + 2\ H_2O(l)$
 C. $Pb(s) + PbO_2(s) + 2\ HSO_4^-(aq) + 2\ H^+(aq) \rightarrow 2\ PbSO_4(aq) + 2\ H_2O(l)$
 D. $Pb(s) + HSO_4^-(aq) \rightarrow PbSO_4(s) + H^+(aq) + 2\ e^-$
 E. $PbO_2(s) + HSO_4^-(aq) + 3\ H^+(aq) + 3\ e^- \rightarrow PbSO_4(s) + 2\ H_2O(l)$

9. Diketahui harga potensial reduksi unsur-unsur sebagai berikut.
 $Fe^{2+}|Fe$ $E° = –0,44$ volt
 $Mg^{2+}|Mg$ $E° = –2,37$ volt
 $Zn^{2+}|Zn$ $E° = –0,76$ volt
 $Cu^{2+}|Cu$ $E° = +0,34$ volt
 $Ag^{2+}|Ag$ $E° = +0,80$ volt
 Pasangan logam yang dapat melindungi besi dari korosi dengan cara proteksi katodik adalah … .
 A. Mg dan Ag
 B. Mg dan Zn
 C. Mg dan Cu
 D. Cu dan Zn
 E. Cu dan Ag

10. Pada elektrolisis larutan $CuSO_4$ (A_r Cu = 63,5) dengan jumlah muatan listrik 0,4 faraday akan diendapkan logam tembaga seberat … .
 A. 25,40 gram
 B. 12,70 gram
 C. 6,35 gram
 D. 2,54 gram
 E. 1,37 gram

11. Reaksi berikut ini yang dapat berlangsung spontan adalah … .
 A. $Ca^{2+} + Ni \rightarrow Ca + Ni^{2+}$
 B. $Mg^{2+} + Fe^{2+} \rightarrow Mg + Fe^{3+}$
 C. $Ba^{2+} + Zn \rightarrow Ba + Zn^{2+}$
 D. $Fe + Cu^{2+} \rightarrow Fe^{2+} + Cu$
 E. $Mn^{2+} + Zn \rightarrow Mn + Zn^{2+}$

12. Pada reaksi (belum setara):

$Al(s) + NO_3^-(aq) \quad AlO_2^-(aq) + NH_3(aq)$

bilangan oksidasi nitrogen berubah dari … .

A. +5 menjadi +3
B. +5 menjadi –3
C. +6 menjadi +3
D. –5 menjadi –3
E. –5 menjadi +3

13. Volume larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,1 *M* yang diperlukan untuk mengoksidasi 30 mL larutan $FeSO_4$ 0,2 *M* dengan reaksi (belum setara):

$Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + H^+ \quad Fe^{3+} + Cr^{3+} + H_2O$

adalah … .

A. 100 mL
B. 60 mL
C. 30 mL
D. 15 mL
E. 10 mL

14. Diketahui: $Ni^{2+}|Ni \quad E° = –0,25$ V

$Pb^{2+}|Pb \quad E° = –0,13$ V

Harga potensial sel standar ($E°_{sel}$) dari sel volta yang tersusun dari elektrode Pb dan Ni adalah … .

A. –0,38 V
B. –0,12 V
C. +0,12 V
D. +0,25 V
E. +0,38 V

15. Diketahui pasangan sel volta dengan notasi sel sebagai berikut.

$Zn|Zn^{2+}||Cu^{2+}|Cu \quad E°_{sel} = 1,10$ V

$Pb|Pb^{2+}||Cu^{2+}|Cu \quad E°_{sel} = 0,47$ V

Sel volta yang tersusun dari pasangan elektrode Zn dan Pb akan mempunyai harga $E°_{sel}$ sebesar … .

A. 0,36 V
B. 0,63 V
C. 2,03 V
D. 2,66 V
E. 3,13 V

16. Diketahui potensial elektrode standar dari beberapa logam sebagai berikut.

$Ag^+|Ag \quad E° = +0,80$ V
$Cu^{2+}|Cu \quad E° = +0,34$ V
$Pb^{2+}|Pb \quad E° = –0,13$ V
$Sn^{2+}|Sn \quad E° = –0,14$ V
$Co^{2+}|Co \quad E° = –0,28$ V

Bila kelima elektrode di atas saling dipasangkan untuk membentuk sel volta, maka elektrode yang ***tidak*** mungkin dapat sebagai anode adalah … .

A. Co
b. Sn
c. Pb
d. Cu
e. Ag

17. Diketahui:

$Al^{3+}\|Al$	$E° = -1{,}66$ V
$Mg^{2+}\|Mg$	$E° = -2{,}37$ V
$Zn^{2+}\|Zn$	$E° = -0{,}34$ V
$Pb^{2+}\|Pb$	$E° = -0{,}13$ V
$Sn^{2+}\|Sn$	$E° = -0{,}14$ V

Di antara logam Al, Mg, Zn, Pb, dan Sn, jika dimasukkan ke dalam larutan $ZnCl_2$, maka logam yang dapat larut adalah … .

A. Al dan Mg
B. Pb dan Sn
C. Al, Mg, dan Zn
D. Pb, Sn, dan Zn
E. semuanya larut

18. Pada elektrolisis larutan KI dengan elektrode grafit, di katode terjadi reaksi … .

A. $K^+(aq) + e^- \rightarrow K(aq)$
B. $2\ H_2O(l) + 2\ e^- \rightarrow H_2(g) + 2\ OH^-(aq)$
C. $2\ H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4\ H^+(aq) + 4\ e^-$
D. $2\ I^-(aq) \rightarrow I_2(aq) + 2\ e^-$
E. $K^+(l) + e^- \rightarrow K(l)$

19. Bila larutan $CrCl_3$ dielektrolisis dengan menggunakan elektrode logam krom, maka di anode terjadi reaksi

A. $Cr(s) \rightarrow Cr^{3+}(aq) + 3\ e^-$
B. $2\ H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4\ H^+(aq) + 4\ e^-$
C. $2\ Cl(aq) \rightarrow Cl_2 + 2\ e^-$
D. $2\ H_2O(l) + 2\ e^- \rightarrow 2\ OH^-(aq) + H_2(g)$
E. $Cr^{3+}(aq) + 3\ e^- \rightarrow Cr(s)$

20. Ke dalam larutan yang mengandung $AgNO_3$ 1 *M* dialirkan arus listrik searah. Jika jumlah muatan listrik yang mengalir 0,2 F dan A_r Ag = 108, maka massa Ag yang mengendap di katode adalah … .

A. 108 gram
B. 54 gram
C. 21,6 gram
D. 10,8 gram
E. 5,4 gram

21. Lama waktu yang diperlukan untuk memperoleh 0,64 gram tembaga (A_r Cu = 64) melalui larutan tembaga sulfat dengan arus listrik 1,93 ampere adalah … .

A. 10.000 detik
B. 1.000 detik
C. 100 detik
D. 10 detik
E. 1 detik

22. Gas yang dihasilkan pada elektrolisis larutan $AgNO_3$ dengan muatan listrik 2 F, jika pada saat itu 1 liter gas nitrogen mempunyai massa 1,4 gram (A_r N = 14) adalah … .

A. 5 liter
B. 10 liter
C. 11,2 liter
D. 20 liter
E. 22,4 liter

23. Pada suatu elektrolisis, sejumlah arus tertentu dalam waktu 2 jam membebaskan 0,504 gram gas hidrogen (A_r H = 1). Banyaknya gas oksigen (A_r O = 16) yang dibebaskan oleh arus yang sama dalam waktu yang sama adalah … .
 A. 1 gram
 B. 2 gram
 C. 3 gram
 D. 4 gram
 E. 5 gram

24. Unsur fluorin (F) dapat diperoleh dengan cara elektrolisis leburan KHF_2 sesuai reaksi:

 HF_2^- $\longrightarrow$ HF + $\frac{1}{2}F_2$ + e^-

 Waktu yang diperlukan untuk memperoleh 15 liter F_2 (diukur pada 0 °C dan tekanan 1 atm) dengan arus 20 ampere (1 faraday = 96.500 coulomb, 1 mol gas = 22,4 liter) adalah … .
 A. 1,29 jam
 B. 1,80 jam
 C. 3,60 jam
 D. 6,46 jam
 E. 13,40 jam

25. Kalium klorat ($KClO_3$) dibuat dengan elektrolisis KCl dalam larutan basa berdasarkan reaksi:

 $KCl + 3\ H_2O \longrightarrow KClO_3 + 3\ H_2$

 Untuk membuat 1 mol $KClO_3$ dibutuhkan muatan listrik sebanyak … .
 A. 2 faraday
 B. 3 faraday
 C. 4 faraday
 D. 5 faraday
 E. 6 faraday

II. Kerjakan soal-soal berikut ini dengan benar!

1. Diketahui:
 $Cd^{2+} + 2\ e^- \longrightarrow Cd(s)$ $\quad E° = +0{,}40$ V
 $Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag(s)$ $\quad E° = +0{,}80$ V
 Tentukan potensial sel untuk reaksi:
 $2\ Ag^+ + Cd(s) \longrightarrow 2\ Ag(s) + Cd^{2+}$
 Apakah reaksi tersebut berlangsung?

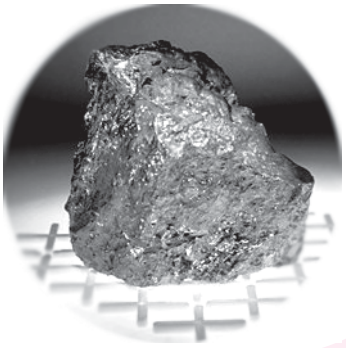
2. Diketahui: $E°\ Pb^{2+}|Pb = -0{,}13$ V
 $E°\ A1^{3+}|A1 = -1{,}66$ V
 Tentukan potensial sel untuk reaksi sel:
 $A1^{3+}|A1||Pb|Pb^{2+}$
 Apakah reaksi tersebut dapat berlangsung?

3. Ke dalam larutan $CuSO_4$ dimasukan serbuk perak (Ag).
 Jika diketahui $E°\ Ag^+|Ag = +0{,}80$ V dan $E°\ Cu^{2+}|Cu = +0{,}34$ V, apakah reaksi dapat berlangsung?

4. Diketahui data potensial elektrode sebagai berikut.
 $Zn^{2+}(aq)|Zn(s)$ $\quad E° = -0{,}76$ volt
 $Ag^{+}(aq)|Ag(s)$ $\quad E° = +0{,}80$ volt
 Tentukan:
 a. elektrode mana yang berfungsi sebagai katode dan anode
 b. besar potensial sel
 c. diagram sel redoks
5. Diketahui tiga macam logam: A, B, dan C dapat membentuk ion A^{2+}, B^{2+}, dan C^{+}. Dari hasil percobaan diperoleh: logam A dapat mendesak logam B dari larutannya, logam C dapat mendesak logam B dari larutannya, dan logam C tidak dapat mendesak logam A dari larutannya. Urutkan logam tersebut berdasarkan potensial reduksi yang semakin negatif!
 Urutkan potensial oksidasi logam tersebut dari besar ke kecil!
6. a. Tulislah reaksi elektrolisis lelehan magnesium klorida dengan elektrode grafit!
 b. Berapa gram magnesium diperoleh jika ke dalam sel elektrolisis dialirkan arus 10.000 ampere selama 386 detik? (A_r Mg = 24)
7. Bila pada elektrolisis larutan KCl dengan elektrode C menggunakan arus 10 F, berapa liter gas klorin dihasilkan pada anode (STP)?
8. Sejumlah arus listrik yang sama dapat mengendapkan 0,72 gram perak (A_r Ag = 108) dari larutan $AgNO_3$ serta dapat mengendapkan 0,44 gram logam X dari larutan XCl_3. Tentukan A_r unsur X!
9. Pada elektrolisis larutan timah(II) klorida dengan elektrode C digunakan arus sebesar 1,93 A. Tentukan waktu yang diperlukan untuk mendapatkan endapan 1,19 gram Sn (A_r Sn = 119)!
10. Diberikan data sebagai berikut.
 $Fe^{2+}|Fe$ $\quad E° = -0{,}44$ volt
 $Cu^{2+}|Cu$ $\quad E° = +0{,}34$ volt
 $Zn^{2+}|Zn$ $\quad E° = -0{,}76$ volt
 $Ag^{+}|Ag$ $\quad E° = +0{,}80$ volt
 $Mg^{2+}|Mg$ $\quad E° = -2{,}37$ volt
 Berdasarkan data di atas, logam apakah yang paling efektif digunakan untuk melindungi pipa besi dengan metode perlindungan katodik? Jelaskan alasan Anda!

BAB 3

Kimia Unsur



Tujuan Pembelajaran:

Setelah mempelajari bab ini, Anda diharapkan mampu:

1. Menjelaskan kelimpahan unsur-unsur di kulit bumi, udara, dan air laut.
2. Menjelaskan sifat-sifat unsur halogen.
3. Menjelaskan sifat-sifat unsur alkali.
4. Menjelaskan sifat-sifat unsur alkali tanah.
5. Menjelaskan sifat-sifat unsur periode ketiga.
6. Menjelaskan sifat-sifat unsur transisi.
7. Menjelaskan proses pembuatan dan manfaat beberapa unsur logam dan nonlogam serta senyawa-senyawanya.

Kata Kunci

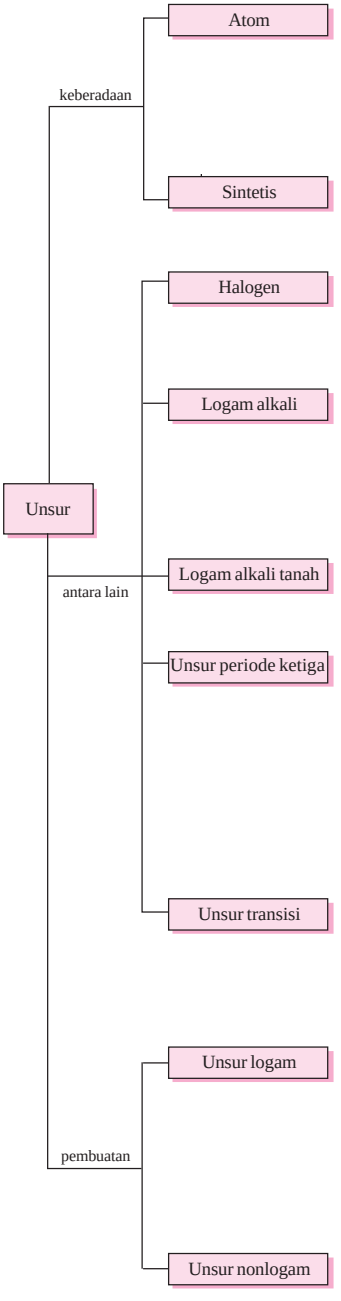
Mineral, kelimpahan unsur, sifat kimia unsur, halogen, alkali, alkali tanah, nonlogam, proses Downs, unsur transisi, alotropi, proses Oswald.

Pengantar

Di kelas X pada bab Struktur Atom dan Sistem Periodik Unsur, Anda sudah mengetahui bahwa jumlah unsur yang dikenal manusia sampai saat ini telah berjumlah 118 unsur dan setiap unsur tersebut mempunyai sifat-sifat yang berbeda antara unsur satu dengan unsur yang lain. Dapatkah Anda bayangkan berapa banyak senyawa yang dapat terbentuk dari 118 unsur tersebut, baik secara alami maupun secara sintetis? Mengapa kelimpahan oksigen menduduki peringkat pertama di kulit bumi? Tahukah Anda bahwa seorang ilmuwan Inggris yang bernama **J. B. Leitz** telah menghitung kemungkinan banyaknya senyawa yang terbentuk dari atom-atom dalam molekul sederhana, seperti protein (protein tersusun atas lima unsur utama, yaitu karbon, hidrogen, nitrogen, oksigen, dan belerang) dan dia mendapatkan angka yang fantastis, yaitu jumlahnya mencapai 10^{48} buah.

Peta Konsep

Kimia Unsur



Dalam bab ini Anda akan mempelajari kelimpahan, sifat-sifat, dan manfaat beberapa unsur yang biasa berhubungan dengan kehidupan kita sehari-hari. Tembaga digunakan sebagai kawat listrik, aluminium digunakan sebagai alat-alat rumah tangga, fluorida untuk pasta gigi, natrium untuk kembang api, neon untuk lampu penerangan, dan masih banyak unsur-unsur lainnya akan dibahas dalam bab ini.

3.1 Kelimpahan Unsur-unsur di Alam

A. Keberadaan Unsur-unsur di Alam

Dari 118 unsur yang diketahui, sekitar 90 unsur berada di alam dan sisanya merupakan unsur sintesis (unsur buatan). Sebagian dari unsur tersebut terdapat sebagai unsur bebas, tetapi lebih banyak yang berupa senyawa, sedangkan unsur-unsur gas mulia terdapat sebagai unsur bebas (Petrucci dan Suminar Ahmad, 1987: 96). Sebagian besar logam diperoleh dari deposit tanah, bahan-bahan alam yang mengandung unsur atau senyawa tertentu disebut *mineral*. Mineral yang mengandung unsur atau senyawa tertentu dengan konsentrasi cukup tinggi dan diolah agar bernilai ekonomis disebut *bijih* (Brady, 1990: 653).

B. Kelimpahan Unsur-unsur di Kulit Bumi

Unsur-unsur yang paling melimpah di kulit bumi adalah oksigen, silikon, dan aluminium (Tabel 3.1).

Tabel 3.1 Persentase Kelimpahan Unsur di Kulit Bumi

Unsur	% Massa	Beberapa Bentuk yang Umum Terpadat
Oksigen	49,3	Air, silika, silikat, oksida logam, molekul oksigen (dalam atmosfer bumi)
Silikon	25,8	Silika (pasir, kuarsa), silikat (liat, mika)
Aluminium	7,6	Silikat (liat, mika), oksida (bauksit)
Besi	4,7	Oksida (hematit, magnetit)
Kalsium	3,4	Karbonat (gamping, marmer, kapur), sulfat (gips), fluorida (fluorit), silikat (zeolit)
Natrium	2,7	Klorida (garam, batu, air laut), silikat (zeolit)
Kalium	2,4	Klorida, silikat (mika)
Magnesium	1,9	Karbonat, klorida, sulfat (garam epsom)
Hidrogen	0,7	Oksida (air), bahan organik
Titanium	0,4	Oksida
Klor	0,2	Garam (NaCl)
Fosfor	0,1	
Lain-lain	0,8	

Sumber: Petrucci dan Suminar Ahmad, 1987: 97

Sumber komersial dari oksigen dan nitrogen adalah udara. Kelimpahan unsur nitrogen dalam udara 78,09% dan oksigen 20,94%. Sedangkan unsur lainnya kurang dari 1%.

Beberapa unsur diperoleh dari air laut. Misalnya, natrium, klorin, magnesium, dan bromin. Konsentrasi unsur terbesar dalam air laut adalah klorida sebesar 18,980 g/kg air laut, kemudian diikuti unsur natrium sebesar 10,556 g/kg air laut (Sumber: Petrucci dan Suminar Ahmad, 1987: 98).

3.2 Sifat-sifat Unsur

A. Halogen

Halogen, yang terdiri dari fluor, klor, brom, dan iod, tidak pernah ditemukan dalam keadaan bebas di alam karena tingkat reaktifitasnya yang sangat tinggi (Brady, 1990: 791). Oleh karena itu, halogen hanya ditemukan sebagai anion dalam bentuk garam dan mineral (Mc. Murry dan Fay, 2000: 225). Halogen merupakan unsur-unsur nonlogam di mana terdapat dalam bentuk molekul diatomik. Halogen mempunyai konfigurasi elektron valensi $ns^2\ np^5$ (Mc. Murry dan Fay, 2000: 225).

1. Sifat-sifat Fisis

Tabel 3.2 Sifat-sifat Fisis Unsur Halogen

Sifat Fisis	Fluor	Klor	Brom	Iod
Wujud pada suhu kamar	Gas, kuning	Gas, kehijauan	Cair, merah tua	Padat, ungu tua
Rumus molekul	F_2	Cl_2	Br_2	I_2
Titik didih (°C)	–188	–34	59	184
Titik leleh (°C)	–220	–101	–7	114
Energi ionisasi (kJ/mol)	1,680	1,250	1,140	1,000
Jari-jari ion (Å)	1,36	1,81	1,95	2,16
Konfigurasi elektron	2,7	2,8,7	2,8,18,7	2,8,18,18,7
Keelektronegatifan	4,0	3,0	2,8	2,5

(Sumber: Keenan, dkk, 1992: 230)

Dari tabel 3.2 tampak bahwa titik didih dan titik leleh naik seiring dengan bertambahnya nomor atom. Hal ini karena fakta menunjukkan bahwa molekul-molekul yang lebih besar mempunyai gaya tarik-menarik Van der Waals yang lebih besar daripada yang dimiliki molekul-molekul yang lebih kecil.

Kecuali gas mulia, halogen mempunyai energi ionisasi dan elektronegatifitas yang paling tinggi dari golongan unsur manapun. Dari unsur golongan VII A, fluorlah yang paling erat mengikat elektron-elektronnya, dan iod yang paling lemah. Kecenderungan ini bisa dikaitkan dengan ukuran atom halogen (Keenan, dkk, 1992: 228).

2. Sifat-sifat Kimia

Tabel 3.3 Sifat-sifat Kimia Unsur Halogen

Unsur	Fluor $_9F$	Klor $_{17}Cl$	Brom $_{35}Br$	Iod $_{53}I$	*Catatan:*
1. Konfigurasi elektron	[X] ns^2, np^5				[X] = unsur-unsur gas mulia (He, Ne, Ar, Kr) n = nomor periode (2, 3, 4, 5) $\rightarrow$ = makin besar sesuai dengan arah panah
2. Massa atom	→				
3. Jari-jari atom	→				
4. Energi ionisasi dan afinitas elektron	←				
5. Keelektronegatifan	←				
6. Potensial reduksi ($E°_{red} > 0$)	←				
7. Suhu lebur (0°)	–216,6	–101,0	–72	114,0	
8. Suhu didih (0°)	–188,2	–34	58	183	
9. Bilangan oksidasi senyawa halogen	–1	+1, +3 +5, +7	+1 +5, +7	+1 +5, +7	

(Sumber: www.chem-is-try.org)

Ada suatu penurunan yang teratur dalam keaktifan kimia dari fluor sampai iod, sebagaimana ditunjukkan oleh kecenderungan dalam kekuatan mengoksidasinya. Molekul fluor yang beratom dua (diatom) F_2 merupakan zat pengoksidasi yang lebih kuat daripada unsur lain yang manapun dalam keadaan normalnya.

Baik fluor maupun klor membantu reaksi pembakaran dengan cara yang sama seperti oksigen. Hidrogen dan logam-logam aktif terbakar dalam salah satu gas tersebut dengan membebaskan panas dan cahaya. Reaktivitas fluor yang lebih besar dibanding klor terungkap oleh fakta bahwa bahan-bahan yang biasa termasuk kayu dan beberapa plastik akan menyala dalam atmosfer fluor.

Keempat unsur halogen tersebut semuanya sangat merangsang sekali terhadap hidung dan tenggorokan. Brom, suatu cairan yang merah tua, pada suhu kamar mempunyai tekanan uap yang tinggi. Brom cair merupakan salah satu reagen kimia yang paling berbahaya karena efek uap tersebut terhadap mata dan saluran hidung. Klor dan fluor harus digunakan hanya dalam kamar asam dan dalam ruangan dengan pertukaran udara (ventilasi) yang baik. Beberapa hisapan klor pada 1.000 ppm bersama napas kita akan mematikan. Semua halogen harus disimpan jauh dari kontak dengan zat-zat yang dapat dioksidasi (Keenan, 1992: 229).

Reaksi-reaksi halogen sebagai berikut.

a. Reaksi Halogen dengan Logam

Halogen bereaksi dengan semua logam dalam sistem periodik unsur membentuk halida logam. Jika bereaksi dengan logam alkali dan alkali tanah, hasilnya (halida logam) dapat dengan mudah diperkirakan, sedangkan bila bereaksi dengan logam transisi, produk (halida logam) yang terbentuk tergantung pada kondisi reaksi dan jumlah reaktannya (Mc. Murry dan Fay, 2000: 226).

Reaksi: $2\ M + n\ X_2 \longrightarrow 2\ MX_n$, dengan: M = logam
X = F, Cl, Br, I

Tidak seperti unsur logam, semakin ke bawah halogen menjadi kurang reaktif karena afinitas elektronnya semakin berkurang, atau dengan kata lain $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$ (Mc. Murry dan Fay, 2000: 227).

b. Reaksi Halogen dengan Hidrogen

Halogen bereaksi dengan gas hidrogen membentuk hidrogen halida (HX). Hidrogen halida sangat berharga karena bersifat asam jika dilarutkan dalam air. Kecuali hidrogen fluorida, semua hidrogen halida yang lain merupakan asam kuat jika dimasukkan ke dalam larutan (Mc. Murry dan Fay, 2000: 227).

Reaksi: $H_2(g) + X_2 \quad 2\ HX(g)$, dengan X = F, Cl, Br, I

c. Reaksi Halogen dengan Halogen Lain

Halogen mempunyai molekul diatomik, maka tidaklah mengherankan jika dapat terjadi reaksi antarunsur dalam golongan halogen. Reaksi antarhalogen ini dapat disamakan dengan proses redoks, di mana unsur yang lebih reaktif merupakan oksidator, sedangkan unsur yang kurang reaktif merupakan reduktor (Mc. Murry dan Fay, 2000: 227).

Reaksi: $X_2 + Y_2 \rightarrow 2\ XY$,
dengan X, Y = F, Cl, Br, I

B. Logam Alkali

Unsur logam alkali (IA) terdiri dari litium, natrium, kalium, rubidium, sesium, dan fransium. Unsur ini mempunyai energi ionisasi paling kecil karena mempunyai konfigurasi elektron ns^1. Oleh karena itu, unsur logam alkali mudah melepaskan elektron dan merupakan reduktor yang paling kuat. Unsur alkali merupakan logam lunak, berwarna putih mengkilap, konduktor yang baik, dan mempunyai titik leleh yang rendah, serta ditemukan dalam bentuk garamnya (Mc. Murry dan Fay, 2000: 215).

1. Sifat-sifat Fisis

Tabel 3.4 Sifat-sifat Fisis Unsur Alkali

Sifat Fisis	Li	Na	K	Rb	Cs
Titik didih (°C)	1.342	883	759	688	671
Titik leleh (°C)	180,5	97,7	63,3	39,3	28,4
Energi ionisasi (kJ/mol)	520,2	495,8	418,8	403	375,7
Jari-jari ion (Å)	0,60	0,95	1,33	1,48	1,69
Konfigurasi elektron	2.1	2.8.1	2.8.8.1	2.8.18.8.1	2.8.18.18.8.1
Keelektronegatifan	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7
Kerapatan (g/cm^3)	0,534	0,971	0,862	1,532	1,873

(Sumber: Mc. Murry dan Fay, 2000: 216)

Dari tabel 3.4 dapat dilihat bahwa sebagai logam, golongan alkali tanah mempunyai sifat yang tidak biasa, yaitu titik lelehnya yang relatif rendah, rapatannya yang relatif rendah, dan kelunakannya. Semua unsur logam alkali ini dapat dengan mudah diubah bentuknya dengan memencetnya di antara jempol dan jari telunjuk (dengan melindungi kulit baik-baik). Unsur-unsur pada golongan ini mempunyai energi ionisasi dan keelektronegatifan rata-rata yang paling rendah. Hal ini dikarenakan ukuran atom dan jarak yang relatif besar antara elektron terluar dengan inti (Keenan dkk, 1992: 152-153).

2. Sifat-sifat Kimia

Tabel 3.5 Sifat-sifat Kimia Unsur Alkali

Unsur	Li	Na	K	Rb dan Cs
a. Dengan udara	Perlahan-lahan terjadi Li_2O	Cepat terjadi Na_2O dan Na_2O_2	Cepat terjadi K_2O	Terbakar, terjadi Rb_2O dan Cs_2O
b. Dengan air $2L + 2H_2O \rightarrow 2LOH + H_2(g)$	(makin hebat reaksinya sesuai arah panah)			
c. Dengan asam kuat $2L + 2H^+ \rightarrow 2L^+ + H_2(g)$				
d. Dengan halogen $2L + X_2 \rightarrow 2LH$				
Warna nyala api	Merah	Kuning	Ungu	-
Garam atau basa yang sukar larut dalam air	CO_3^{2-} OH^-, PO_4^{3-}	-	ClO_4^- dan $[Co(NO_2)_6]^{3-}$	

(Sumber: www.chem-is-try.org)

Reaksi-reaksi logam alkali sebagai berikut.

a. Reaksi Logam Alkali dengan Halogen

Reaksi antara logam alkali dengan halogen berlangsung sangat cepat, membentuk halida logam.

Reaksi: $2\ M(s) + X_2 \rightarrow 2\ MX(s)$

dengan: M = logam alkali (Li, Na, K, Rb, Cs)

X = halogen (F, Cl, Br, I)

Reaktifitas logam alkali semakin meningkat jika energi ionisasinya semakin berkurang, sehingga Cs > Rb > K > Na > Li (Mc. Murry dan Fay, 2000: 218).

b. Reaksi Logam Alkali dengan Hidrogen dan Nitrogen

Logam alkali bereaksi dengan gas hidrogen membentuk senyawa putih berbentuk kristal yang disebut hidrida, MH. Reaksi terjadi dengan lambat pada suhu kamar dan membutuhkan pemanasan untuk melelehkan logam alkali (Mc. Murry dan Fay, 2000: 218).

Reaksi: $2\ M(s) + H_2(g) \rightarrow 2\ MH(s)$

Tidak semua logam alkali bereaksi dengan nitrogen, hanya litium yang membentuk litium nitrit (Li_3N) (Mc. Murry dan Fay, 2000: 218).

Reaksi: $6\ Li(s) + N_2(g) \rightarrow 2\ Li_3N(s)$

c. Reaksi Logam Alkali dengan Oksigen

Reaksi antara logam alkali dengan oksigen berlangsung sangat cepat. Produk yang dihasilkan berbeda, tergantung pada kondisi reaksi dan berapa banyak oksigen yang ada, seperti oksida (bilangan oksidasi O = –2), peroksida (bilangan oksidasi O = –1), dan superoksida (bilangan oksidasi O = –½) (Mc. Murry dan Fay, 2000: 218).

Reaksi: $4\ Li(s) + O_2(g) \rightarrow 2\ Li_2O(s)$ ——— Oksida, O = –2

$2\ Na(s) + O_2(g) \rightarrow Na_2O_2(s)$ ——— Peroksida, O = –1

$K(s) + O_2(g) \rightarrow KO_2(s)$ ——— Superoksida, O = –½

d. Reaksi Logam Alkali dengan Air

Logam alkali bereaksi dengan air membentuk gas hidrogen dan hidroksida logam alkali, MOH.

Reaksi: $2\ M(s) + 2\ H_2O(l) \rightarrow 2\ M^+(aq) + 2\ OH^-(aq) + H_2(g)$

dengan M = Li, Na, K, Rb, Cs

Reaksi logam alkali dengan oksigen merupakan reaksi redoks, di mana logam (M) kehilangan elektron dan hidrogen dari air memperoleh elektron (Mc. Murry dan Fay, 2000: 219).

e. Reaksi Logam Alkali dengan Amonia

Logam alkali bereaksi dengan amonia membentuk gas H_2 dan logam amida (MNH_2). Reaksi ini sama dengan reaksi logam alkali dengan air (Mc. Murry dan Fay, 2000: 219).

Reaksi: $2\ M(s) + 2\ NH_3(l) \rightarrow 2\ M^+(s) + 2\ NH_2^-(s) + H_2(g)$

dengan M = Li, Na, K, Rb, Cs

C. Logam Alkali Tanah

Unsur logam alkali tanah (IIA) ini terdiri dari Be, Mg, Ca, Sr, Ba, dan Ra. Golongan ini mempunyai sifat-sifat yang mirip dengan golongan IA. Perbedaannya adalah bahwa golongan IIA ini mempunyai konfigurasi elektron ns^2 dan merupakan reduktor yang kuat. Meskipun lebih keras dari golongan IA, tetapi golongan IIA ini tetap relatif lunak, perak mengkilat, dan mempunyai titik leleh dan kerapatan lebih tinggi (Mc. Murry dan Fay, 2000: 220).

1. Sifat-sifat Fisis

Tabel 3.6 Sifat-sifat Fisis Logam Alkali Tanah

Sifat Fisis	Be	Mg	Ca	Sr	Ba
Titik didih (°C)	2.471	1.090	1.484	1.382	1.897
Titik leleh (°C)	1.287	650	842	777	727
Energi ionisasi (kJ/mol)	899,4	737,7	589,8	549,5	502,9
Jari-jari ion (Å)	1,25	1,45	1,74	1,92	1,98
Konfigurasi elektron	2.2	2.8.2	2.8.8.2	2.8.18.8.2	2.8.18.18.8.2
Keelektronegatifan	1,5	1,2	1,0	1,0	0,9
Kerapatan (g/cm^3)	1,848	1,738	1,55	2,54	3,51

(Sumber: Mc. Murry dan Fay, 2000: 221)

Unsur-unsur logam alkali tanah agak lebih keras, kekerasannya berkisar dari barium yang kira-kira sama keras dengan timbal, sampai berilium yag cukup keras untuk menggores kebanyakan logam lainnya. Golongan ini mempunyai struktur elektron yang sederhana, unsur-unsur logam alkali tanah mempunyai 2 elektron yang relatif mudah dilepaskan. Selain energi ionisasi yang relatif rendah, keelektronegatifan rata-rata golongan ini juga rendah dikarenakan ukuran atomnya dan jarak yang relatif besar antara elektron terluar dengan inti (Keenan, dkk, 1992: 152-153).

2. Sifat-sifat Kimia

Tabel 3.7 Sifat-sifat Kimia Logam Alkali Tanah

Sifat	Indikator		
1. Reaksi dengan:			
a. Udara	Menghasilkan MO dan M_3N_2 bila dipanaskan	Dalam keadaan dingin dapat menghasilkan MO dan M_3N_2 di permukaan	
b. Air	Tidak bereaksi	Bereaksi dengan uap air membentuk MO dan H_2	Bereaksi dalam keadaan dingin membentuk $M(OH)_2$ dan H_2. Makin ke kanan makin reaktif
c. Hidrogen	Tidak bereaksi	$M + H_2 \rightarrow MH_2$ (Hidrida)	
d. Klor	$M + X_2 \quad MX_2$ (garam)		
e. Asam	$M + 2\,H^+ \rightarrow M_2^+ + H_2(g)$		
2. Sifat oksida	Amfoter	Basa	
3. Kestabilan peroksida	Peroksidanya tidak dikenal	Makin stabil sesuai dengan arah panah	
4. Kestabilan karbonat	Mengurai pada pemanasan agak tinggi	(Suhu pemanasan antara 550 °C – 1.400 °C)	

Catatan:
M = unsur-unsur alkali tanah
Ra bersifat radioaktif, Be bersifat amfoter

(Sumber: www.chem-is-try.org)

Logam alkali tanah mengalami reaksi redoks yang sama dengan logam alkali, hanya saja mereka melepaskan 2 elektron sehingga membentuk ion 2+. Logam alkali tanah cenderung kurang reaktif dibandingkan dengan logam alkali karena energi ionisasinya lebih besar daripada logam alkali tanah, sehingga tren kereaktifannya: Ba > Sr > Ca > Mg > Be (Mc. Murry dan Fay, 2000: 222).

Reaksi-reaksi logam alkali tanah sebagai berikut.

a. Logam Alkali Tanah Bereaksi dengan Halogen
Logam alkali tanah bereaksi dengan halogen membentuk garam halida (MX_2)

Reaksi: $M + X_2 \rightarrow MX_2$,
dengan: M = Be, Mg, Ca, Sr, Ba
X = F, Cl, Br, I

b. Logam Alkali Tanah Bereaksi dengan Oksigen
Logam alkali tanah bereaksi dengan oksigen membentuk oksida (MO).

Reaksi: $2\ M + O_2 \rightarrow 2\ MO$,
dengan M = Be, Mg, Ca, Sr, Ba

Berilium dan magnesium tidak begitu reaktif jika direaksikan dengan oksigen pada suhu kamar, tetapi keduanya mengeluarkan cahaya putih cerah jika dibakar dengan nyala api. Sedangkan kalsium, stronsium, dan barium cukup reaktif sehingga perlu disimpan di bawah minyak agar tidak kontak dengan udara. Seperti logam berat alkali, stronsium dan barium membentuk peroksida (MO_2) (Mc. Murry dan Fay, 2000: 222).

c. Logam Alkali Tanah Bereaksi dengan Air
Logam alkali tanah bereaksi dengan air membentuk logam hidroksida [$M(OH)_2$].

Reaksi: $M(s) + 2\ H_2O(l) \rightarrow M_2^+(aq) + 2\ OH^-(aq) + H_2(g)$
dengan M = Mg, Ca, Sr, atau Ba

Kecuali berilium, semua logam alkali tanah bereaksi dengan air membentuk logam hidroksida $M(OH)_2$. Magnesium bereaksi hanya jika suhu di atas 100 °C, sedangkan untuk kalsium dan stronsium, reaksi berjalan lambat dan pada suhu kamar. Hanya barium yang bereaksi dahsyat (Mc. Murry dan Fay, 2000: 223).

D. Periode Ketiga

Tabel 3.8 Sifat-sifat Fisis dan Kimia Periode Ketiga

Sifat \ Unsur	$_{11}$Na	$_{12}$Mg	$_{13}$Al	$_{14}$Si	$_{15}$P	$_{16}$S	$_{17}$Cl
Konfigurasi elektron	[Ne] $3s^1$	[Ne] $3s^2$	[Ne] $3s^2$, $3p^1$	[Ne] $3s^2$	[Ne] $3s^2$, $3p^3$	[Ne] $3s^2$, $3p^4$	[Ne] $3s^2$, $3s^5$
Jari-jari atom	← makin besar sesuai arah panah						
Keelektronegatifan	→ makin besar sesuai arah panah						
Kelogaman	Logam			Semi-logam	Bukan logam		
Oksidator/reduktor	Reduktor ← makin besar sesuai arah panah						Oksidator
Konduktor/isolator	Konduktor			Isolator			
Oksidasi utama	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	Cl_2O_7
Ikatan	Ion			Kovalen			
Sifat oksida	Basa		Amfoter	Asam			
Hidroksida	NaOH	$Mg(OH)_2$	$Al(OH)_3$	H_2SiO_3	H_3PO_4	H_2SO_4	$HClO_4$
Kekuatan basa/asam	Basa kuat	Basa lemah	Basa lemah	Asam lemah	Asam lemah	Asam kuat	Asam kuat
Klorida	NaCl	$MgCl_2$	$AlCl_3$	$SiCl_4$	PCl_5	SCl_2	Cl_2
Ikatan	Ion			Kovalen			
Senyawa dengan hidrogen	NaH	MgH_2	$A1H_2$	SiH_4	PH_3	H_2S	HCl
Ikatan	Ion	Kovalen					
Reaksi dengan air	Menghasilkan bau dan gas H_2			Tidak bersifat asam		Asam lemah	Asam kuat

1. Sifat Fisika Unsur-unsur Periode Ketiga

Unsur-unsur yang ada di dalam periode ketiga terdiri dari unsur logam (Na, Mg, Al), metaloid (Si), nonlogam (P, S, Cl), dan gas mulia (Ar).

Dari tabel 3.8 dapat dilihat bahwa keelektronegatifan unsur-unsur periode ketiga semakin ke kanan semakin besar diakibatkan oleh jari-jari atomnya yang semakin ke kanan semakin kecil. Kekuatan ikatan antaratom dalam logam meningkat (dari Na ke Al). Hal ini berkaitan dengan pertambahan elektron valensinya. Silikon merupakan semikonduktor/isolator karena termasuk metaloid. Unsur ini mempunyai ikatan kovalen yang sangat besar, begitu juga dengan fosfor, belerang, dan klorin yang merupakan isolator karena termasuk unsur nonlogam (Sumber: www.chem-is-try.org).

2. Sifat Kimia Unsur-unsur Periode Ketiga

Dari tabel 3.8 dapat dilihat bahwa natrium merupakan reduktor terkuat, sedangkan klorin merupakan oksidator terkuat. Meskipun natrium, magnesium, dan aluminium merupakan reduktor kuat, tetapi kereaktifannya berkurang dari Na ke Al. Sedangkan silikon merupakan reduktor yang sangat lemah, jadi hanya dapat bereaksi dengan oksidator-oksidator kuat, misalnya klorin dan oksigen.

Di lain pihak selain sebagai reduktor, fosfor juga merupakan oksidator lemah yang dapat mengoksidasi reduktor kuat, seperti logam aktif. Sedangkan belerang yang mempunyai daya reduksi lebih lemah daripada fosfor ternyata mempunyai daya pengoksidasi lebih kuat daripada fosfor. Sementara klorin dapat mengoksidasi hampir semua logam dan nonlogam karena klorin adalah oksidator kuat.

Dari tabel 3.8 dapat dilihat hidroksida unsur-unsur periode ketiga, yaitu NaOH, $Mg(OH)_2$, $Al(OH)_3$, H_2SiO_3, H_3PO_4, H_2SO_4, dan $HClO_4$. Sifat hidroksida unsur-unsur periode ketiga tergantung pada energi ionisasinya. Hal ini dapat dilihat dari jenis ikatannya. Jika ikatan M – OH bersifat ionik dan hidroksidanya bersifat basa karena akan melepas ion OH^- dalam air, maka energi ionisasinya rendah. Tetapi jika ikatan M – OH bersifat kovalen dan tidak lagi dapat melepas ion OH^-, maka energi ionisasinya besar.

Dari tabel 3.8 juga dapat dilihat bahwa NaOH tergolong basa kuat dan mudah larut dalam air, $Mg(OH)_2$ lebih lemah daripada NaOH tetapi masih termasuk basa kuat. Namun $Al(OH)_3$ bersifat amfoter, artinya dapat bersifat asam sekaligus basa. Hal ini berarti bila $Al(OH)_3$ berada pada lingkungan basa kuat, maka akan bersifat sebagai asam, sebaliknya jika berada pada lingkungan asam kuat, maka akan bersifat sebagai basa. Sedangkan H_2SiO_3 atau $Si(OH)_4$, merupakan asam lemah dan tidak stabil, mudah terurai menjadi SiO_2 dan H_2O. Begitu pula dengan H_3PO_4 atau $P(OH)_5$ yang juga merupakan asam lemah. Sementara H_2SO_4 atau $S(OH)_6$ merupakan asam kuat, begitu juga $HClO_4$ atau $Cl(OH)_7$ yang merupakan asam sangat kuat (Sumber: www.chem-is-try.org).

E. Unsur-unsur Transisi

Tabel 3.9 Sifat-sifat Fisis Unsur Transisi

Sifat Fisis	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Titik didih (°C)	2.836	3.287	3.407	2.671	2.061	2.861	2.927	2.913	2.562	907
Titik leleh (°C)	1.541	1.668	1.910	1.907	1.246	1.538	1.495	1.455	1.085	420
Energi ionisasi (kJ/mol)	631	658	650	653	717	759	758	737	745	906
Jari-jari ion (Å)	1,61	1,45	1,32	1,25	1,24	1,24	1,25	1,25	1,28	1,33
Konfigurasi elektron	2.8.9.2	2.8.10.2	2.8.11.2	2.8.13.1	2.8.13.2	2.8.14.2	2.8.15.2	2.8.16.2	2.8.18.1	2.8.18.2
Keelektronegatifan	1,3	1,5	1,6	1,6	1,5	1,8	1,8	1,8	1,9	1,6
Kerapatan (g/cm^3)	2,99	4,51	6,1	7,27	7,30	7,86	8,9	8,9	8,92	7,1

(Sumber: Keenan, dkk, 1992: 166)

Pada sistem periodik unsur, yang termasuk dalam golongan transisi adalah unsur-unsur golongan B, dimulai dari IB – VIIB dan VIII. Sesuai dengan pengisian elektron pada subkulitnya, unsur ini termasuk unsur blok *d*, yaitu unsur-unsur dengan elektron valensi yang terletak pada subkulit *d* dalam konfigurasi elektronnya.

Pada bagian ini unsur-unsur transisi yang akan dibahas adalah unsur transisi pada periode 4, yang terdiri dari skandium (Sc), titanium (Ti), vanadium (V), krom (Cr), mangan (Mn), besi (Fe), kobalt (Co), nikel (Ni), tembaga (Cu), dan seng (Zn).

1. Sifat Logam

Semua unsur transisi adalah logam, yang bersifat lunak, mengkilap, dan penghantar listrik dan panas yang baik. Perak merupakan unsur transisi yang mempunyai konduktivitas listrik paling tinggi pada suhu kamar dan tembaga di tempat kedua. Dibandingkan dengan golongan IA dan IIA, unsur logam transisi lebih keras, punya titik leleh, titik didih, dan kerapatan lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena unsur transisi berbagi elektron pada kulit *d* dan *s*, sehingga ikatannya semakin kuat (Mc. Murry dan Fay, 2000: 867).

2. Bilangan Oksidasi

Tidak seperti golongan IA dan IIA yang hanya mempunyai bilangan oksidasi +1 dan +2, unsur-unsur logam transisi mempunyai beberapa bilangan oksidasi. Seperti vanadium yang punya bilangan oksidasi +2, +3, dan +4 (Keenan, dkk, 1992: 167).

3. Sifat Kemagnetan

Setiap atom dan molekul mempunyai sifat magnetik, yaitu *para-magnetik*, di mana atom, molekul, atau ion sedikit dapat ditarik oleh medan magnet karena ada elektron yang tidak berpasangan pada orbitalnya dan

diamagnetik, di mana atom, molekul, atau ion dapat ditolak oleh medan magnet karena seluruh elektron pada orbitnya berpasangan. Sedangkan pada umumnya unsur-unsur transisi bersifat paramagnetik karena mempunyai elektron yang tidak berpasangan pada orbital-orbital *d*-nya. Sifat paramagnetik ini akan semakin kuat jika jumlah elektron yang tidak berpasangan pada orbitalnya semakin banyak. Logam Sc, Ti, V, Cr, dan Mn bersifat paramagnetik, sedangkan Cu dan Zn bersifat diamagnetik. Untuk Fe, Co, dan Ni bersifat *feromagnetik*, yaitu kondisi yang sama dengan paramagnetik hanya saja dalam keadaan padat (Brady, 1990: 698).

4. Ion Berwarna

Tingkat energi elektron pada unsur-unsur transisi yang hampir sama menyebabkan timbulnya warna pada ion-ion logam transisi. Hal ini terjadi karena elektron dapat bergerak ke tingkat yang lebih tinggi dengan mengabsorpsi sinar tampak. Pada golongan transisi, subkulit 3d yang belum terisi penuh menyebabkan elektron pada subkulit itu menyerap energi cahaya, sehingga elektronnya tereksitasi dan memancarkan energi cahaya dengan warna yang sesuai dengan warna cahaya yang dapat dipantulkan pada saat kembali ke keadaan dasar.

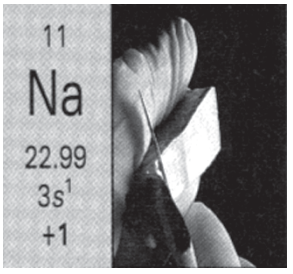
Misalnya Ti^{2+} berwarna ungu, Ti^{4+} tidak berwarna, Co^{2+} berwarna merah muda, Co^{3+} berwarna biru, dan lain sebagainya.

Beberapa kegunaan unsur-unsur transisi

a. Skandium, digunakan pada lampu intensitas tinggi.
b. Titanium, digunakan pada industri pesawat terbang dan industri kimia (pemutih kertas, kaca, keramik, dan kosmetik).
c. Vanadium, digunakan sebagai katalis pada pembuatan asam sulfat.
d. Kromium, digunakan sebagai plating logam-logam lainnya.
e. Mangan, digunakan pada produksi baja dan umumnya alloy mangan-besi.
f. Besi, digunakan pada perangkat elektronik.
g. Kobalt, digunakan untuk membuat aliansi logam.
h. Nikel, digunakan untuk melapisi logam supaya tahan karat, membuat monel.
i. Tembaga, digunakan pada alat-alat elektronik dan perhiasan.
j. Seng, digunakan sebagai bahan cat putih, antioksidan pada pembuatan ban mobil, dan bahan untuk melapisi tabung gambar televisi.

3.3 Pembuatan dan Manfaat Beberapa Unsur Logam dan Senyawanya

A. Natrium



Gambar 3.1 Natrium
Sumber: Encarta

Natrium merupakan unsur alkali dengan daya reduksi paling rendah, dengan sumber utamanya adalah halit (umumnya dalam bentuk NaCl). Pembuatan natrium dapat dilakukan dengan *proses Downs*, yaitu elektrolisis lelehan NaCl. Air asin yang mengandung NaCl diuapkan sampai kering kemudian padatan yang terbentuk dihancurkan untuk kemudian dilelehkan. Sedangkan untuk mengurangi biaya pemanasan, NaCl (titik lebur 801 °C) dicampur dengan 1½ bagian $CaCl_2$ untuk menurunkan suhu lebur hingga 580 °C (Martin S. Silberberg, 2000: 971).

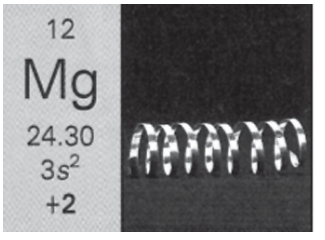
Na dulunya banyak digunakan untuk pembuatan TEL (*Tetra Ethyl Lead*), yaitu untuk menaikkan bilangan oktan bahan bakar, tetapi sekarang tidak lagi karena mengandung racun yang berbahaya bagi lingkungan. Na juga digunakan untuk pengisi lampu penerangan di jalan maupun di kendaraan. Hal ini dikarenakan emisi warna kuningnya yang mampu menembus kabut dan dapat digunakan juga sebagai cairan pendingin pada reaktor atom (Sri Lestari, 2004: 23).

1. NaCl, digunakan sebagai garam dapur, bahan baku pembuatan klorin dan senyawa-senyawa natrium yang lain. Dapat juga digunakan dalam industri susu, pengawetan ikan dan daging, pengolahan kulit, serta untuk mencairkan salju.
2. NaOH, dihasilkan dari elektrolisis NaCl. NaOH merupakan basa kuat yang banyak digunakan dalam industri detergen, bahan baku sabun, kertas, serat rayon, dan memisahkan belerang dari minyak bumi.
3. $NaHCO_3$ (soda kue), yang akan terurai oleh panas yang menghasilkan gas CO_2 yang menyebabkan kue mengembang dan pemadam kebakaran.
4. $NaCO_3$, digunakan untuk pembuatan kaca, menghilangkan kesadahan air, sebagai bahan baku natrium silikat pada pembuatan kertas dan detergen.
5. Na-glutamat, digunakan sebagai penyedap makanan.
6. Na-benzoat, digunakan sebagai pengawet makanan dalam kaleng.

(Sumber: Sri Lestari, 2004: 23 – 24).

B. Magnesium

Magnesium adalah unsur yang sangat melimpah di permukaan bumi, tetapi tidak mudah membuatnya dalam bentuk unsur. Sumber komersial utama magnesium adalah air laut (0,13% kadar Mg), dan dapat ditemukan pada dolomit ($CaMg(CO_3)_2$) dan karnalit ($KCl.MgCl_2.6H_2O$) (Oxtoby, Gillis, Nachtrieb; Erlangga, 2003: 214).



Gambar 3.2 Magnesium
Sumber: Encarta

Magnesium dapat diperoleh melalui proses Downs:

1. Magnesium diendapkan sebagai magnesium hidroksida dengan menambahkan $Ca(OH)_2$ ke dalam air laut.
2. Tambahkan asam klorida untuk mendapatkan kloridanya, yang kemudian diperoleh kristal magnesium klorida ($MgCl.6H_2O$).
3. Elektrolisis leburan kristal magnesium dengan terlebih dahulu menambahkan magnesium klorida yang mengalami hidrolisis sebagian ke campuran leburan natrium dan kalsium klorida. Hal ini dilakukan untuk menghindari terbentuknya MgO saat kristal $MgCl.6H_2O$ dipanaskan.
4. Magnesium akan terbentuk pada katode.

Reaksi: $Mg^{2+} + Ca(OH)_2(s) \rightarrow Mg(OH)_2(s) + Ca^{2+}$

$Mg(OH)_2(s) + 2\ H^+ + Cl^- \rightarrow MgCl.6\ H_2O$

Katode : $Mg^{2+} + 2\ e^- \rightarrow Mg$

Anode : $2\ Cl^- \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

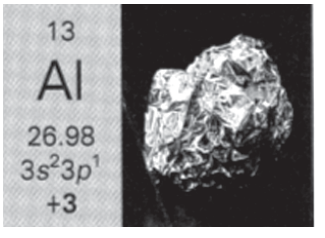
(Sri Lestari, 2004: 30).

Kegunaan magnesium, antara lain:

1. Pencegah korosi pipa besi di tanah dan dinding kapal laut.
2. $Mg(OH)_2$, dapat digunakan sebagai obat maag karena dapat menetralkan kelebihan asam lambung (HCl) dan juga sebagai bahan pasta gigi.
3. $MgSO_4$, dikenal dengan nama garam inggris, dapat digunakan sebagai obat pencahar (laktasif usus).
4. Campuran logam magnesium (10%) dan aluminium (90%) atau yang sering disebut magnalium dapat digunakan sebagai bahan konstruksi pesawat terbang karena perpaduan ini kuat dan ringan, rudal, dan bak truk.
5. Magnesium dipakai untuk membuat kembang api dan lampu penerangan pada fotografi (blitz).
6. MgO, dapat digunakan sebagai bata tahan panas/api untuk melapisi tanur dan tempat pembakaran semen.
7. Campuran 0,5% Mg, 95% Al, 4% Cu, dan 0,5% Mn atau yang dikenal dengan nama *duralumin* digunakan untuk konstruksi mobil.

C. Aluminium

Aluminium ialah unsur melimpah ketiga terbanyak dalam kerak bumi (sesudah oksigen dan silikon), mencapai 8,2% dari massa total. Bijih yang paling penting untuk produksi aluminium adalah bauksit, yaitu aluminium oksida terhidrasi yang mengandung 50 – 60% Al_2O_3, 1 – 20% Fe_2O_3, 1 – 10% silika, sedikit logam transisi, dan sisanya air. Sumber bauksit di Indonesia di Bukit Asam (Oxtoby, Gillis, Nachtrieb, 2003: 212).



Gambar 3.3 Aluminium
Sumber: Encarta

Aluminium diperoleh dengan menggunakan *proses Hall-Heroult*, sesuai dengan nama penemunya **Charles M. Hall** (AS) dan **Paul Heroult** (Perancis) pada tahun 1886.
Pengolahan ini meliputi dua tahap.

1. Tahap Pemurnian

Pada tahap ini, aluminium yang diproduksi dari bauksit yang me-ngandung besi oksida (Fe_2O_3) dan silika dimurnikan dengan melarutkan bauksit tersebut ke dalam NaOH*(aq)*. Besi oksida (Fe_2O_3) yang bersifat basa tidak larut dalam larutan NaOH.

Reaksi: $Al_2O_3(s) + 2\ NaOH(aq) \rightarrow 2\ NaAlO_2(aq) + H_2O$

Larutan di atas kemudian diasamkan untuk mengendapkan $Al(OH)_3(s)$. Al_2O_3 murni dapat dihasilkan dengan cara pemanasan $Al(OH)_3$, kemudian disaring akan diperoleh Al_2O_3.

Reaksi: $NaAlO_2(aq) + HCl(aq) + H_2O \rightarrow Al(OH)_3(s) + NaCl(aq)$

$2\ Al(OH)_3(s) \rightarrow Al_2O_3(s) + 3\ H_2O(g)$

2. Tahap Elektrolisis

Al_2O_3 (dengan titik leleh 2.030 °C) dicampurkan dengan kriolit (Na_3AlF_6) (untuk menurunkan titik leleh menjadi 1.000 °C). Larutan Al_2O_3 dalam kriolit dielektrolisis menggunakan karbon sebagai katode dan anode.

Reaksi: Anode : batang karbon

$3\ O^{2-}(l) \rightarrow O_2(g) + 6\ e^-$

Katode : bejana besi yang dilapisi karbon

$2\ Al^{3+}(l) + 6\ e^- \rightarrow 2\ Al(l)$

(Sri Lestari, 2004: 37).

Al_2O_3 yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai berikut.

a. Untuk meruntuhkan bangunan yang terbuat dari besi atau baja. Hal ini disebabkan pembentukan Al_2O_3 yang sangat eksoterm (menghasilkan suhu 3.000 °C), sehingga mampu mengikat oksigen dari oksida logam lain.
b. Jika Al_2O_3 bercampur dengan logam transisi akan terbentuk permata berwarna-warni, seperti:
 - *Rubi*, permata berwarna merah terbentuk dari Al_2O_3 dan Cr^{3+}.
 - *Safir*, permata berwarna biru terbentuk dari Al_2O_3, Fe^{2+}, dan Ti^{4+}.
 - *Topaz*, permata berwarna kuning terbentuk dari Al_2O_3 dan Fe^{2+}.
 - *Ametis*, permata berwarna cokelat-keunguan terbentuk dari Al_2O_3 dan Mn^{3+}.

(Sri Lestari, 2004: 37).

Kegunaan aluminium, antara lain:

a. Aluminium merupakan logam yang ringan, kuat, dan tahan korosi, sehingga banyak digunakan untuk peralatan rumah tangga, bingkai jendela, sampai kerangka bangunan.
b. Pelapis kemasan biskuit, cokelat, dan rokok.
c. Campuran logam 90% Al dan 10% Mg (magnalium) bersifat kuat dan ringan, hanya digunakan pada pembuatan pesawat terbang.
d. Campuran 20% Al, 50% Fe, 20% Ni, dan 10% Co dapat digunakan sebagai magnet yang sangat kuat.
e. Tawas ($KAl(SO_4)$), digunakan untuk penjernih air dan zat anti keringat.
f. $Al(OH)_3$ digunakan untuk menetralkan asam lambung yang berlebihan.
g. Thermit (campuran Al dan Fe_2O_3) digunakan untuk mengelas logam.
h. Aluminium sulfat digunakan pada pewarnaan tekstil.

D. Besi

Besi merupakan unsur keempat terbanyak di muka bumi. Di alam, besi terdapat dalam bentuk senyawa, antara lain sebagai hematit (Fe_2O_3), magnetit (Fe_3O_4), pirit (FeS_2), dan siderit ($FeCO_3$). Selain sangat reaktif yaitu cepat teroksidasi membentuk karat dalam udara lembap, besi murni bersifat lunak dan liat (Sri Lestari, 2004: 96).

Proses pembuatan besi dilakukan melalui dua tahap.

1. Peleburan Besi

Peleburan besi dilakukan dalam suatu alat yang disebut *blast furnace* (tungku sembur) dengan tinggi 40 m dan lebar 14 m dan terbuat dari batu bata yang tahan panas tinggi. Bahan yang dimasukkan dalam tanur ini ada tiga macam, yaitu bijih besi yang dikotori pasir (biasanya hematit), batu kapur ($CaCO_3$) untuk mengikat kotoran (*fluks*), dan karbon (kokas) sebagai zat pereduksi (Martin S. Silberberg, 2000: 973).

Reaksi: $2\ FeO_3 + 3\ C \longrightarrow 4\ Fe + 3\ CO_2$

Suhu reaksi sangat tinggi dan tekanan tanur sekitar 1 – 3 atm gauge, sehingga besi mencair dan disebut besi gubal (*pig iron*).

Besi cair pada umumnya langsung diproses untuk membuat baja, tetapi sebagian ada juga yang dialirkan ke dalam cetakan untuk membuat besi tuang (*cast iron*) yang mengandung 3 – 4 % karbon dan sedikit pengotor lain, seperti Mn, Si, P. Besi yang mengandung karbon sangat rendah (0,005 – 0,2%) disebut besi tempa (*wrought iron).*

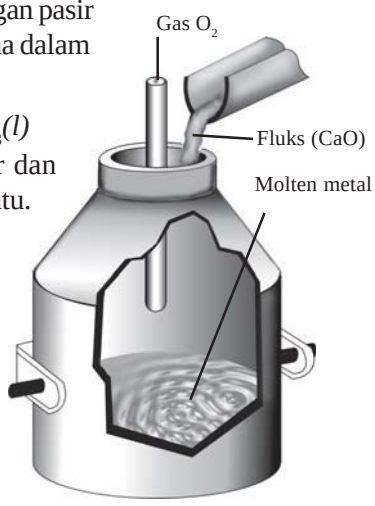
Batu kapur berfungsi sebagai *fluks*, yaitu untuk mengikat pengotor yang bersifat asam, seperti SiO_2 membentuk terak. Reaksi pembentukan terak adalah sebagai berikut. Mula-mula batu kapur terurai membentuk kalsium oksida (CaO) dan karbon dioksida (CO_2).

Reaksi: $CaCO_3(s) \longrightarrow CaO(s) + CO_2(g)$

Kalsium oksida kemudian bereaksi dengan pasir membentuk kalsium silikat, komponen utama dalam terak (Martin S. Silberberg, 2000: 974).

Reaksi: $CaO(s) + SiO_2(s) \rightarrow CaSiO_3(l)$

Terak ini mengapung di atas besi cair dan harus dikeluarkan dalam selang waktu tertentu.



Gambar 3.4 Peleburan besi
Sumber: Martin S. Silberberg, 2000: 974

2. Peleburan Ulang Besi-Baja

Proses pembuatan baja dibagi menjadi beberapa tahap sebagi berikut.

a. Menurunkan kadar karbon dalam besi gubal dari 3 – 4% menjadi 0 – 1,5%, yaitu dengan mengoksidasikannya dengan oksigen.
b. Membuang Si, Mn, dan P serta pengotor lain melalui pembentukan terak.
c. Menambahkan logam aliase, seperti Cr, Ni, Mn, V, Mo, dan W sesuai dengan jenis baja yang diinginkan (Oxtoby, Gillis, Nachtrieb, 2003: 210).

Teknologi pengolahan besi gubal (*pig iron*) menjadi baja secara murah dan cepat diperkenalkan oleh **Henry Bessemer** (1856), tetapi sekarang sudah tidak digunakan lagi. **William Siemens** tahun 1860 mengembangkan tungku terbuka (*open herth furnace*), dan sekarang tungku yang banyak digunakan adalah tungku oksigen.

Berbagai jenis zat ditambahkan pada pengolahan baja yang berguna sebagai "*scavangers*" (pengikat pengotor), terutama untuk mengikat oksigen dan nitrogen. *Scavangers* yang terpenting adalah aluminium, ferosilikon, feromangan, dan ferotitan. Zat tersebut bereaksi dengan nitrogen atau oksigen yang terlarut membentuk oksida yang kemudian terpisah ke dalam terak.

Baja dapat digolongkan ke dalam tiga golongan, yaitu:

a. Baja karbon, terdiri atas besi dan karbon.
b. Baja tahan karat (stainless stell), mempunyai kadar karbon yang rendah dan mengandung sekitar 14% kromium.
c. Baja aliase, yaitu baja spesial yang mengandung unsur tertentu sesuai dangan sifat yang diinginkan.

Untuk mencegah perkaratan pada baja dapat dilakukan dengan berbagai cara, yaitu:

a. Menambahkan logam lain.
b. Menggunakan lapisan pelindung.
c. Menggunakan logam yang dapat dikorbankan.
d. Melindungi secara katodik.

E. Tembaga

Tembaga merupakan logam berwarna kemerahan yang terdapat secara bebas di alam maupun dalam bentuk senyawanya. Bijih tembaga yang terpenting adalah *kalkopirit* ($CuFeS_2$, 34,5% Cu). Selain itu ada beberapa senyawa tembaga yang lain, seperti *cuprite* (Cu_2O, 88,8% Cu), *chalcosite* (Cu_2S, 79,8% Cu), dan *malasite* ($Cu_2(OH)_2CO_3$, 57,3% Cu) (Oxtoby, Gillis, Nachtrieb, 2003: 206).

Untuk memperoleh tembaga, pertama dilakukan flotasi (pengapungan) busa**,** untuk memekatkan bijih tembaga. Langkah berikutnya adalah pemanggangan (*roasting*) bijih yang sudah diperkaya, yaitu reaksi dengan udara pada suhu tinggi untuk mengkonversi besi menjadi oksidanya dan menyisakan tembaga sebagai sulfida. Selanjutnya campuran Cu_2S dan Fe_3O_4 serta bahan-bahan lain dimasukkan ke dalam tungku pada suhu 1.100 °C. Karena Cu_2S tidak larut dalam terak, maka Cu_2S dialirkan ke tungku lain melalui semburan udara untuk memicu terjadinya reaksi redoks. Terakhir, tembaga cair yang terbentuk kemudian didinginkan dan dicetak untuk dimurnikan lebih lanjut (Oxtoby, Gillis, Nachtrieb, 2003: 207).

Reaksi: $6\ CuFeS_2(s) + 13\ O_2(g) \longrightarrow 3\ Cu_2S(s) + 2\ Fe_3O_4(s) + 9\ SO_2(g)$

$CaCO_3(s) + Fe_3O_4(s) + 2\ SiO_2(s) \longrightarrow CO_2(g) +$ terak

$Cu_2S(l) + O_2(g) \longrightarrow 2\ Cu(l) + SO_2(g)$

Kegunaan tembaga, antara lain:

1. Merupakan penghantar panas dan listrik yang sangat baik, maka banyak digunakan pada alat-alat listrik.
2. Sebagai perhiasan, campuran antara tembaga dan emas.
3. Sebagai bahan pembuat uang logam.
4. Sebagai bahan pembuat logam lain, seperti kuningan (campuran antara tembaga dan seng), perunggu (campuran antara tembaga dan timah), monel, dan alniko.
5. $CuSO_4$ dalam air berwarna biru, banyak digunakan sebagai zat warna.
6. Campuran $CuSO_4$ dan $Ca(OH)_2$, disebut *bubur boderiux* banyak digunakan untuk mematikan serangga atau hama tanaman, pencegah jamur pada sayur dan buah.
7. $CuCl_2$, digunakan untuk menghilangkan kandungan belerang pada pengolahan minyak.
8. $Cu(OH)_2$ yang larut dalam larutan NH_4OH membentuk ion kompleks cupri tetramin (dikenal sebagai *larutan schweitser*), digunakan untuk melarutkan selulosa pada pembuatan rayon (sutera buatan).

F. Timah

Timah adalah logam yang berwarna putih perak, relatif lunak, tahan karat, dan memiliki titik leleh yang rendah. Timah biasanya terdapat dalam dua bentuk alotropi, yaitu timah putih () atau bentuk "logam" yang stabil pada suhu di atas 14 °C dan timah abu-abu () atau bentuk "nonlogam" yang stabil pada suhu di bawah 13 °C.

Tambang timah utama adalah timah(IV) oksida (SnO_2), yang dikenal dengan *cassitente*. Tambang timah kudapat di P. Bangka (Belitung). Timah diperoleh dengan mereduksi SnO_2 dengan karbon, sesuai dengan reaksi berikut.

$$SnO_2(s) + C(s) \rightarrow Sn(s) + CO_2(g)$$

Timah digunakan untuk membuat kaleng kemasan, seperti untuk roti, susu, cat, dan buah serta melapisi kaleng yang terbuat dari besi dari perkaratan. Selain itu juga digunakan untuk membuat logam campur, misalnya perunggu (campuran timah, tembaga, dan seng) dan solder (campuran timah dan timbal).

3.4 Pembuatan Beberapa Unsur Nonlogam dan Senyawanya

A. Karbon dan Senyawa Karbon

Senyawa karbon (C) merupakan senyawa yang banyak dikenal. Keistimewaan unsur karbon dibandingkan dengan unsur golongan IVA yang lain adalah unsur ini secara alamiah mengikat dirinya sendiri dalam rantai, baik dalam ikatan tunggal C — C, ikatan rangkap dua C = C, maupun ikatan rangkap tiga C C (Sri Lestari, 2004: 42). Unsur karbon memiliki beberapa bentuk yang berbeda, yaitu intan, grafit, dan arang. Bentuk-bentuk yang berbeda dari unsur yang sama disebut *alotrop*.

1. Intan

Intan adalah zat padat yang bening dan zat yang paling keras, mempunyai indeks bias tinggi, bukan konduktor listrik tetapi tahan asam dan alkali. Intan terbentuk secara alamiah. Susunan molekul intan lebih rapat dibandingkan grafit, dengan kerapatan intan 3,51 g/cm^3, sedangkan grafit 2,22 g/cm^3. Untuk membuat intan dari grafit diperlukan tekanan dan suhu yang tinggi, yaitu 3.000 °C dan 125 bar dengan katalis logam transisi, seperti Cr, Fe, atau Pt, yang akan menghasilkan intan 0,1 karat. Kegunaan intan alam sebagian besar untuk perhiasan. Intan alam yang tidak cukup baik digunakan untuk pemotong kaca, gerinda, dan mata bor serta digunakan untuk membuat ampelas untuk memoles benda yang sangat keras, seperti baja tahan karat.

2. Grafit

Grafit adalah zat bukan logam berwarna hitam yang mampu menghantarkan panas dengan baik, buram, licin, tahan panas, dan dapat dihancurkan menjadi serbuk yang lebih kecil. Sifat fisika grafit ditentukan oleh sifat dan luas permukaannya. Grafit yang halus berarti mempunyai permukaan yang relatif lebih luas (Sri Lestari, 2004: 43). Grafit dapat dibuat dengan mensintesis berbagai bahan yang mengandung karbon. Grafit mempunyai struktur yang berbentuk lapisan. Jarak antarlapisan hampir 2,5 kali lebih besar dari jarak antaratom dalam satu lapisan. Hal ini menyebabkan grafit bersifat licin karena satu lapisan dapat meluncur di atas lapisan lainnya. Hubungan antarlapisan dalam grafit dapat diibaratkan dengan tumpukan lembaran kaca yang basah.

Grafit juga mempunyai titik leleh yang tinggi. Elektron yang digunakan untuk membentuk ikatan antarlapisan terikat relatif lemah, sehingga dapat mengalir dari satu atom ke atom lain, sehingga grafit dapat menghantarkan listrik.

Kegunaan grafit, antara lain adalah sebagai elektrode pada baterai, proses elektrolisis, atau untuk pensil. Selain itu, jika karbon aktif dipanaskan pada suhu 1.500 °C dengan paladium, platina sebagai katalis, akan menghasilkan serat polimer, seperti poliakrilonitril atau selulosa, yang bila digabungkan dengan plastik akan membentuk foam dan foil.

3. Arang

Bahan lain yang mengandung karbon adalah arang. Arang dibuat dari kayu atau serbuk gergaji dengan pemanasan pada suhu tinggi tanpa udara. Arang merupakan kristal halus dengan struktur seperti grafit. Ruang antarlapisan atom dalam arang yang dibubuk halus dapat menjerap atom, sehingga zat itu mempunyai daya absorpsi yang besar. Oleh karena itu zat ini digunakan dalam topeng gas. Arang dapat digunakan untuk mengadsorpsi zat warna dan bahan polutan dalam pengolahan air serta dalam air tebu pada pengolahan gula, selain sebagai obat sakit perut.

4. Karbon Monoksida

Karbon monoksida merupakan gas tidak berwarna, tidak berbau, beracun, dan mempunyai titik didih –190 °C. Karbon monoksida ini akan terbentuk jika karbon dibakar dengan jumlah oksigen yang sedikit, secara stoikiometri kekurangan oksigen. Karbon monoksida antara lain dapat dihasilkan melalui reduksi batuan fosfat menjadi fosfor dan hasil pembakaran bahan bakar, seperti knalpot pada kendaraan bermotor. Karbon monoksida berbahaya bagi tubuh karena mampu mengikat atom Fe dalam hemoglobin darah.

Karbon monoksida dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar dengan cara mencampurkannya dengan gas lain, sebagai reduktor pada pengolahan berbagai jenis logam. Selain itu campuran karbon monoksida dan H_2 penting untuk sintesis metanol (Sri Lestari, 2004: 45).

5. Karbon Dioksida

Karbon dioksida dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar yang mengandung karbon. Secara alami, karbon dioksida berwujud gas dan diperoleh dari hasil metabolisme hewan dan hanya sedikit sekali di atmosfer, sekitar 0,03% volume (*Kirk – Othmer, vol. 5*). Meskipun tidak berbahaya, akan tetapi jika kadarnya terlalu besar dapat menyebabkan orang pingsan dan merusak sistem pernapasan.

Karbon dioksida secara komersial diperoleh dari pembakaran residu penyulingan minyak bumi. Dalam jumlah besar juga diperoleh sebagai hasil samping produksi urea dan pembuatan alkohol dari proses fermentasi.

Reaksi: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2$

Beberapa kegunaan karbon dioksida adalah:

a. Es kering (*dry ice*), digunakan sebagai pendingin, seperti pada pembuatan es krim, produk daging, dan makanan beku.
b. Sebagai pemadam api, CO_2 akan mencegah api menyebar karena sifatnya yang lebih ringan dibandingkan dengan udara, sehingga akan melingkari api.
c. Untuk membuat minuman berkarbonasi (*soft drink*), seperti air soda, limun, dan lainnya.
d. Sebagai reagen kimia pada proses pembuatan sodium salisilat, potasium, amonium karbonat dan bikarbonat.
e. Sebagai bahan baku untuk fotosintesis dan menentukan suhu global iklim.
f. Sebagai bahan baku untuk fotosintesis tumbuhan air dan digunakan siput dan sejenisnya untuk membuat cangkang.

B. Silikon

Silikon merupakan unsur kedua terbanyak yang terdapat di muka bumi, yaitu sekitar 28%. Meskipun berlimpah akan tetapi silikon tidak ditemukan dalam bentuk alaminya, melainkan terdapat dalam mineral silikat dan sebagai silika (SiO_2) (Sri Lestari, 2004: 48). Kuarsa merupakan salah satu bentuk kristal SiO_2 murni, sedangkan pasir, agata (akik), oniks, opal, ametis, dan flint merupakan SiO_2 dengan suatu bahan pengotor dalam jumlah runut.

Silikon dapat diperoleh dengan cara mencampurkan silika dan kokas (sebagai reduktor) dan memanaskannya di dalam tanur listrik pada suhu sekitar 3.000 °C.

Reaksi: $SiO_2(l) + C(s) \rightarrow Si(l) + 2\ CO(g)$

Silikon umumnya digunakan untuk membuat transistor, chips computer, dan sel surya. Sedangkan berbagai senyawa silikon digunakan di banyak industri. Silika dan silikat digunakan untuk membuat gelas, keramik, porselin, dan semen. Silikon yang bereaksi dengan karbon membentuk karbida (SiC)

yang bersifat inert, sangat keras dan tidak dapat melebur, banyak digunakan dalam peralatan pemotong dan pengampelas. Silika gel bersifat higroskopis sehingga banyak digunakan untuk pengering dalam berbagai macam produk.

C. Nitrogen dan Senyawa Nitrogen

Nitrogen merupakan unsur yang paling melimpah yang dapat dengan mudah diakses oleh manusia. Di alam, nitrogen berbentuk sebagai senyawa N_2 dengan kadar 78,03% volum dan 75,45% berat. Nitrogen adalah gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa, serta mencair pada suhu –195,8 °C dan membeku pada suhu –210 °C.

Nitrogen diperoleh dengan cara distilasi bertingkat udara cair. Mula-mula udara disaring untuk dibersihkan dari debu. Udara bersih yang diperoleh kemudian dikompresikan yang menyebabkan suhu udara meningkat. Setelah itu dilakukan pendinginan. Pada tahap ini, air dan karbon dioksida membeku sehingga sudah dapat dipisahkan. Setelah melalui menara pendingin, udara kemudian diekspansikan sehingga suhu akan turun lagi dan sebagian udara akan mencair, sedangkan udara yang belum mencair disirkulasikan/dialirkan lagi ke dalam kompresor.

Kegunaan nitrogen antara lain sebagai berikut.

1. Sebagian besar nitrogen dipakai untuk membuat amonia (NH_3).
2. Digunakan untuk membuat pupuk nitrogen, seperti urea ($CO(NH_2)_2$) dan $ZA(NH_4)_2SO_4$).
3. Sebagai selubung gas inert untuk menghilangkan oksigen pada pembuatan alat elektronika karena sifat inert yang dimiliki.
4. Digunakan sebagai pendingin untuk menciptakan suhu rendah, misalnya pada industri pengolahan makanan.
5. Membuat ruang inert untuk penyimpanan zat-zat eksplosif.
6. Mengisi ruang kosong dalam termometer untuk mengurangi penguapan raksa.

Beberapa senyawa nitrogen sebagai berikut.

1. Amonia

Wujud amonia adalah gas dengan bau yang khas dan sangat menyengat, tidak berwarna, dengan titik didih –33,35 °C dan titik beku –77,7 °C.

Amonia dibuat dengan proses Haber-Bosch, pada suhu 370 – 540 °C dan tekanan 10 – 1.000 atm, dengan menggunakan katalis Fe_3O_4. Katalis berfungsi untuk memperluas kisi dan memperbesar permukaan aktif, sedangkan suhu tinggi dilakukan untuk mendapatkan laju reaksi yang diinginkan.

Reaksi: $N_2(g) + 3\ H_2(g) \rightleftharpoons 2\ NH_3(g)$

Dalam skala laboratorium, amonia dibuat dengan mereaksikan garam amonium dengan basa kuat sambil dipanaskan.

Reaksi: $NH_4Cl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O + NH_3$

Kegunaan amonia, antara lain:

a. Membuat pupuk, seperti urea ($CO(NH_2)_2$) dan ZA ($(NH_4)_2SO_4$).
b. Membuat senyawa nitrogen yang lain, seperti asam nitrat, amonium klorida, dan amonium nitrat.
c. Sebagai pendingin dalam pabrik es karena amonia cair mudah menguap dan menyerap banyak panas.
d. Membuat hidrazin (N_2H_4), bahan bakar roket.
e. Digunakan pada industri kertas, karet, dan farmasi.
f. Sebagai refrigeran pada sistem kompresi dan absorpsi.

2. Asam Nitrat

Asam nitrat termasuk dalam asam kuat, di mana dapat melarutkan hampir semua logam, kecuali emas dan platina. Asam nitrat berupa zat cair jernih pada suhu biasa dan dapat bercampur sempurna dengan air dalam segala perbandingan.

Asam nitrat dibuat dengan melalui tiga tahap, dikenal dengan *proses Oswald*, sebagai berikut. Mula-mula amonia dan udara berlebih dialirkan melalui katalis Pt – Rh pada suhu 950 °C, kemudian didinginkan sampai suhu mencapai 150 °C di mana gas dicampur dengan udara yang akan menghasilkan NO_2. $NO_2(g)$ dan udara sisa dialirkan ke dasar menara, kemudian disemprotkan dengan air pada temperatur sekitar 80 °C, maka akan diperoleh larutan yang mengandung 70% HNO_3.

Reaksi: $4\ NH_3(g) + 5\ O_2(g) \rightarrow 4\ NO(g) + 6\ H_2O(g)$

$2\ NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2\ NO_2(g)$

$4\ NO_2(g) + O_2(g) + 2\ H_2O(l) \rightarrow 4\ HNO_3(aq)$

Asam nitrat banyak digunakan untuk pupuk (amonium nitrat), obat-obatan, dan bahan-bahan peledak, seperti TNT, nitrogliserin, dan nitro-selulosa. Asam nitrat juga digunakan pada sistem pendorong roket dengan bahan bakar cair.

D. Fosforus dan Senyawa Fosforus

Sumber utama dari fosfor adalah batuan fosfat yang dikenal dengan nama apatit, $Ca_9(PO_4)_6.CaF_6$.

Ada beberapa jenis fosfor, yaitu:

1. Fosfor putih, dengan tetrahedral sebagai bentuk molekulnya, lunak, sangat reaktif, dan beracun. Fosfor jenis ini sering disebut sebagai fosfor kuning karena kadang-kadang berwarna kekuningan.
2. Fosfor merah, bentuk molekulnya belum dapat dipastikan, kurang reaktif, dan tidak beracun.
3. Fosfor hitam (mirip grafit), diperoleh dengan memanaskan fosfor putih di bawah tekanan pada suhu 550 °C.

Baik fosfor merah maupun fosfor hitam stabil di udara, tetapi akan terbakar jika dipanaskan. Sedangkan fosfor putih karena mudah menyala dan sangat beracun, maka disimpan di dalam air.

Fosfor dapat diperoleh dari pemanasan batuan fosfat, silika (SiO_2), dan coke (C) di dalam pembakar listrik. Uap fosforus yang terbentuk ditampung dalam air.

Reaksi: $2\,Ca_3(PO_4)_2(s) + 6\,SiO_2(s) + 10\,C(s) \rightarrow P_4(g) + 6\,CaSiO_3(l) + 10\,CO(g)$

Kegunaan fosfor, antara lain:

1. Sebagian besar fosfor digunakan untuk memproduksi asam fosfat, di mana asam fosfat digunakan pada pelapisan logam agar tahan terhadap korosi atau dapat dijadikan lapisan dasar dalam pengecatan.
2. Digunakan juga dalam industri minuman ringan untuk memberikan rasa asam.
3. Fosfor merah digunakan untuk membuat korek api.
4. Kalium fosfat digunakan untuk pelengkap makanan dan pada soda kue.
5. Dalam tubuh manusia, fosfor terdapat pada nukleat, yaitu DNA dan RNA dan kalsium fosfat sebagai senyawa utama penyusun matriks tulang.

Beberapa senyawa fosfor sebagai berikut.

1. Asam Fosfat

$3\,Ca(H_2PO_4)(s) + CaSO_4(s)$
Superfosfat

Asam fosfat murni merupakan padatan kristal tidak berwarna, mempunyai titik leleh 42,35 °C. Pada suhu rendah, asam fosfat bersifat sangat stabil dan tidak mempunyai sifat oksidator, sedangkan pada suhu tinggi cukup reaktif terhadap logam yang mereduksinya.

Asam fosfat diperoleh dengan cara mereaksikan langsung batuan fosfat dengan asam sulfat pekat.

Reaksi:

$Ca_3(PO_4)_2(s) + 3\,H_2SO_4(aq) + 6\,H_2O \rightarrow 3\,CaSO_4{\cdot}2H_2O(s) + H_3PO_4(aq)$

Jika ke dalam asam fosfat ditambahkan gerusan apatit, akan diperoleh pupuk dengan kadar fosfat yang tinggi disebut TSP (*triple superfosfat*).

Selain untuk pupuk, asam fosfat juga digunakan untuk bahan penunjang detergen, bahan pembersih lantai, insektisida, dan makanan hewan.

2. Pupuk Superfosfat

Garam fosfat banyak digunakan dalam pembuatan pupuk. Batuan fosfat yang dihaluskan langsung dapat digunakan sebagai pupuk, akan tetapi karena kelarutan $Ca_3(PO_4)_2$ sangat kecil, maka harus ditambahkan 70% asam sulfat untuk menghasilkan pupuk "superfosfat".

Reaksi: $Ca_3(PO_4)_2(s) + 2\,H_2SO_4$

E. Oksigen

Oksigen merupakan unsur yang paling banyak di bumi dan merupakan elemen paling penting dalam kehidupan. Semua makhluk hidup membutuhkan oksigen untuk proses respirasi (pernapasan). Oksigen terdapat di alam dalam keadaan bebas dan dalam bentuk senyawa. Dalam keadaan bebas di alam, oksigen mempunyai dua alotropi, yaitu gas oksigen (O_2) dan gas ozon (O_3). Kelimpahan oksigen di alam ± 20% dan dalam air ± 5%. Unsur oksigen mudah bereaksi dengan semua unsur, kecuali dengan gas mulia ringan. Gas oksigen tidak berwarna (oksigen padat/cair/lapisan tebal oksigen berwarna biru muda), tidak berbau, dan tidak berasa sehingga tidak terdeteksi oleh panca indra kita. Oksigen mengembun pada –183 °C dan membeku pada –218,4 °C. Oksigen merupakan oksidator yang dapat mengoksidasi logam maupun nonlogam.

Secara industri, dengan proses pemisahan kriogenik distilasi udara akan diperoleh oksigen dengan kemurnian 99,5%, sedangkan dengan proses adsorpsi vakum akan diperoleh oksigen dengan kemurnian 90 – 93% (Kirk – Othmer, vol. 17).

Dalam skala laboratorium, oksigen dapat diperoleh dengan cara berikut.

1. Pemanasan campuran MnO_2 dan H_2SO_4, proses ini pertama kali diperkenalkan oleh **C. W. Scheele** (1771)

 Reaksi: $MnO_2(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow MnSO_4(aq) + H_2O(l) + O_2(g)$

2. Pemanasan HgO, proses ini pertama kali diperkenalkan oleh **Priesttley** (1771)

 Reaksi: $2\ HgO(s) \rightarrow 2\ Hg(l) + O_2(g)$

3. Pemanasan peroksida

 Reaksi: $2\ BaO_2(s) \rightarrow 2\ BaO(s) + O_2(g)$

Kegunaan oksigen, antara lain:

1. Gas oksigen digunakan untuk pernapasan semua makhluk hidup.
2. Gas oksigen diperlukan untuk proses pembakaran.
3. Pada industri kimia, oksigen digunakan sebagai oksidator untuk membuat senyawa-senyawa kimia.
4. Oksigen cair digunakan untuk bahan bakar roket.
5. Campuran gas oksigen dan hidrogen digunakan sebagai bahan bakar pesawat ruang angkasa (sel bahan bakar).
6. Bersama dengan asetilena digunakan untuk mengelas baja.
7. Dalam industri baja digunakan untuk mengurangi kadar karbon dalam besi gubal.

F. Belerang

Belerang terdapat di muka bumi dalam bentuk bebas maupun senyawa. Belerang padat mempunyai dua bentuk alotropi, yaitu belerang rombik dan belerang monoklinik. Belerang yang biasa kita lihat adalah belerang rombik, dengan warna kuning, belerang ini stabil di bawah suhu 95,5 °C. Bila lebih dari suhu 95,5 °C, belerang rombik akan berubah menjadi belerang monoklinik yang akan mencair pada suhu 113 °C. Biasanya belerang dijumpai dalam bentuk mineral sulfida dan sulfat, hidrogen sulfida, maupun senyawa belerang organik.

Belerang dapat diperoleh dengan cara ekstraksi melalui *proses Frasch*. Belerang yang ada di bawah tanah dicairkan dengan mengalirkan air super panas (campuran antara air dan uap air dengan tekanan sekitar 16 atm dan suhu sekitar 160 °C) melalui pipa bagian luar dari suatu susunan tiga pipa konsentrik. Belerang cair kemudian dipaksa keluar dengan memompakan udara panas (dengan tekanan sekitar 20 – 25 atm). Setelah itu belerang dibiarkan membeku. Belerang yang diperoleh dengan cara ini mempunyai kemurnian sampai 99,6%, hal ini disebabkan karena belerang tidak larut dalam air.

Kegunaan belerang yang utama adalah untuk membuat asam sulfat, vulkanisasi karet, dan membasmi penyakit tanaman. Belerang juga digunakan untuk membuat CS_2 dan senyawa belerang lainnya.

1. Asam Sulfat

Asam sulfat merupakan zat cair kental, tidak berwarna, dan bersifat higroskopis. Asam sulfat pekat merupakan asam oksidator. Senyawa-senyawa yang mengandung H dan O akan hangus bila dituangi asam sulfat pekat. Hal ini dikarenakan asam sulfat dapat menarik hidrogen dan oksigen dari senyawanya.

Asam sulfat dapat diperoleh menggunakan dua cara.

a. Proses Kontak

Bahan baku asam sulfat berupa gas SO_2 yang diperoleh dengan pemanggangan pirit atau pembakaran belerang.

Reaksi: $4\ FeS_2 + 11\ O_2 \rightarrow 2\ Fe_2O_3 + 8\ SO_2$ atau $S + O_2 \rightarrow SO_2$

Gas belerang dioksida yang terjadi dicampur dengan udara, dialirkan melalui katalisator kontak (V_2O_5) pada suhu ± 500 °C dengan tekanan 1 atm. Pada reaksi ini, V_2O_5 tidak hanya bertindak sebagai katalisator tetapi juga bertindak sebagai oksidator.

Gas O_3 yang terjadi dialirkan ke dalam larutan asam sulfat encer sehingga terjadi asam pirosulfat.

Reaksi: $SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow H_2S_2O_7$

Dengan menambahkan air ke dalam campuran ini diperoleh asam sulfat pekat (98%).

Reaksi: $H_2S_2O_7 + H_2O \rightarrow 2\ H_2SO_4$

b. Proses Bilik Timbal

Bahan baku pada proses ini adalah SO_2, sama dengan proses kontak. Katalis yang digunakan pada proses ini adalah gas NO dan NO_2. Gas SO_2, NO, NO_2, dan uap air dialirkan ke dalam ruang yang bagian dalamnya dilapisi Pb (timbal). Gas SO_2 hasil pemanggangan dialirkan ke dalam menara glover bersama asam nitrat. Dalam hal ini asam nitrat diurai menjadi NO dan NO_2. Campuran gas tersebut dialirkan ke dalam bilik timbal bersama-sama udara dan uap air hingga terjadi reaksi.

Reaksi: $2\ SO_2 + O_2 + NO + NO_2 + H_2O \rightarrow 2\ HNOSO_4$ (asam nitrosil)

Asam nitrosil ($HNOSO_4$) bereaksi dengan H_2O membentuk asam sulfat (H_2SO_4).

Reaksi: $2\ HNOSO_4 + H_2O \rightarrow 2\ H_2SO_4 + NO + NO_2$

Gas NO dan NO_2 dialirkan ke menara Gay Lussac kemudian diubah menjadi HNO_3. Sedangkan asam nitrat akan dialirkan kembali ke menara glover dan seterusnya. Asam sulfat yang terbentuk akan dialirkan ke bak penampungan.

Asam sulfat banyak digunakan pada industri pupuk dan detergen. Selain itu juga bisa digunakan pada industri logam, zat warna, bahan peledak, obat-obatan, pemurnian minyak bumi, dan untuk pengisi aki.

G. Halogen dan Senyawa Halogen

1. Fluorin dan Senyawanya

Keberadaan fluorin di alam paling banyak dan paling reaktif. Fluor ditemukan pada mineral fluorspar (CaF_2), kriolit (Na_3AlF_6), dan flouroapatit ($Ca_5(PO_4)_3F$). Selain itu unsur ini ditemukan pada gigi manusia dan hewan, walaupun dalam kadar rendah.

Fluor dapat diperoleh dengan menggunakan *proses Moissan*, sesuai dengan nama orang yang pertama kali mengisolasi fluorin, **H. Moissan** (1886). Proses ini menggunakan metode elektrolisis HF terlarut dalam leburan KHF_2.

Reaksi: $2\ HF \rightarrow H_2(g) + F_2(g)$

F_2 disimpan dalam wadah Ni atau Cu, karena permukaan dari wadah logam akan membentuk pelindung dari lapisan fluorida.

Kegunaan senyawa fluorin, antara lain:

a. CCl_2F_2 (freon-12), digunakan sebagai zat pendingin pada lemari es dan AC.
b. Na_2SiF_6, bila dicampur dengan pasta gigi akan berfungsi untuk menguatkan gigi.
c. NaF, dapat digunakan dalam proses pengolahan isotop uranium, yaaitu bahan bakar reaksi nuklir.
d. Teflon, bahan plastik tahan panas.
e. Asam fluorida, digunakan untuk mengukir (mensketsa) kaca karena dapat bereaksi dengan kaca.

2. Klorin dan Senyawanya

Klorin terkandung di dalam air laut dalam bentuk garam (NaCl) dengan kadar 2,8%. Sifat oksidator yang tidak sekuat F_2 menyebabkan klorin dapat diproduksi dengan menggunakan cara elektrolisis maupun oksidasi.
Klorin dapat dibuat menggunakan beberapa cara, yaitu:

a. Proses Deacon (oksidasi)
 HCl dicampur dengan udara, kemudian dialirkan melalui $CuCl_2$ yang bertindak sebagai katalis. Reaksi terjadi pada suhu ± 430 °C dan tekanan 20 atm.

 Reaksi: $4\ HCl + O_2 \underset{}{\overset{CuCl_2}{\rightleftharpoons}} 2\ H_2O + 2\ HCl_2$

$2\ NaOH + H_2$ (elektrolisis; A, K)

b. Elektrolisis larutan NaCl menggunakan diafragma

 Reaksi: $2\ NaCl + 2\ H_2O$ +

c. Elektrolisis lelehan NaCl

 Reaksi: $2\ NaCl$ +

Kegunaan senyawa klorin, antara lain:

a. Cl_2, digunakan sebagai disinfektan untuk membunuh kuman yang dapat menyebabkan berbagai penyakit.
b. NaCl, digunakan sebagai garam dapur.
c. KCl, digunakan untuk pupuk.
d. NH_4Cl, digunakan sebagai elektrolit pengisi batu baterai.
e. NaClO, dapat mengoksidasi zat warna (pemutih), sehingga dapat digunakan sebagai *bleaching agent*, yaitu pengoksidasi zat warna.
f. Kaporit ($Ca(OCl)_2$), digunakan sebagai disinfektan pada air.
g. $ZnCl_2$, sebagai bahan pematri atau solder.
h. PVC, digunakan pada industri plastik untuk pipa pralon.
i. Kloroform ($CHCl_3$), digunakan sebagai pelarut dan obat bius pada pembedahan.

3. Bromin dan Senyawanya

Bromin dapat ditemukan dalam air laut. Sifat oksidator bromin tidak terlalu kuat. Bromin dapat diperoleh dengan beberapa cara.

Pada skala industri, bromin dihasilkan dengan cara mengekstraksi air laut. Hal ini dikarenakan kandungan air laut akan Br^- tinggi (kira-kira 70 ppm). Mula-mula pH air laut dibuat menjadi 3,5 dan kemudian direaksikan dengan $Cl_2(g)$ untuk mengoksidasi Br^- menjadi $Br_2(g)$.

Reaksi: $Cl_2(g) + 2\ Br^-(aq) \rightarrow Br_2(g) + 2\ Cl^-(aq)$

Kegunaan senyawa bromin antara lain:

a. NaBr, sebagai obat penenang saraf.
b. AgBr, untuk film fotografi. AgBr dilarutkan dalam film gelatin, kemudian film dicuci dengan larutan $Na_2S_2O_3$ untuk menghilangkan kelebihan AgBr, sehingga perak akan tertinggal pada film sebagai bayangan hitam.
c. CH_3Br, sebagai bahan campuran zat pemadam kebakaran.
d. $C_2H_4Br_2$, ditambahkan pada bensin agar timbal (Pb) dalam bensin tidak mengendap karena diubah menjadi $PbBr_2$.

4. Iodin dan Senyawanya

Senyawa iodin yang paling banyak ditemukan adalah $NaNIO_3$ yang bercampur dengan $NaNO_3$. Iodin meskipun padat, tetapi mudah menyublim karena mempunyai tekanan uap yang tinggi.

Dalam skala industri, iodin diperoleh dengan mereaksikan $NaIO_3$ dengan natrium bisulfit ($NaHSO_3$). Endapan I_2 yang didapat, disaring dan dimurnikan.

Reaksi: $2\ NaIO_3 + 5\ NaHSO_3 \rightarrow 3\ NaHSO_4 + 2\ Na_2SO_4 + H_2O + I_2$

Kegunaan senyawa iodin, antara lain:

a. I_2 dalam alkohol, digunakan sebagai antiseptik luka agar tidak terkena infeksi.
b. KIO_3, sebagai tambahan yodium dalam garam dapur.
c. I_2, digunakan untuk mengetes amilum dalam industri tepung.
d. NaI, bila ditambahkan pada garam dapur dapat digunakan untuk mengurangi kekurangan yodium yang akan menyebabkan penyakit gondok.
e. Iodoform (CHI_3), sebagai disinfektan untuk mengobati borok.

3.5 Radioaktif

Radioaktif adalah zat yang mengandung inti yang tidak stabil. Pada tahun 1903, **Ernest Rutherford** mengemukakan bahwa radiasi yang dipancarkan zat radioaktif dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan muatannya. Radiasi yang bermuatan positif disebut *sinar alfa*, sedangkan yang bermuatan negatif disebut *sinar beta*. Kemudian ditemukan sinar ketiga yang tidak bermuatan dan diberi nama *sinar gama*, penemunya **Paul U. Vilard**.

Sinar-sinar radioaktif mempunyai sifat-sifat:
1. Dapat menembus kertas atau lempengan logam tipis.
2. Dapat mengionkan gas yang disinari.
3. Dapat menghitamkan pelat film.
4. Menyebabkan benda-benda berlapis ZnS dapat berpendar (fluoresensi).
5. Dapat diuraikan oleh medan magnet menjadi tiga berkas sinar, yaitu sinar α, β, dan γ.

A. Sinar Alfa (α)

Sinar alfa merupakan radiasi partikel bermuatan positif. Partikel ini sama dengan inti helium–4 (), bermuatan $+2e^-$ dan bermassa 4 sma. Partikel ini merupakan gabungan dari 2 proton dan 2 neutron. Pemancaran sinar alfa menyebabkan nomor atom berkurang dua, sedangkan nomor massa berkurang empat.

Sinar alfa dipancarkan oleh inti dengan kecepatan sekitar kecepatan cahaya. Oleh karena memiliki massa yang besar, daya tembus sinar ini paling lemah di antara sinar radioaktif, namun mempunyai daya pengion yang paling kuat. Sinar ini dibelokkan oleh medan magnet ke arah kutub negatif.

B. Sinar Beta (β)

Sinar beta adalah berkas elektron yang berasal dari inti atom dan bermuatan negatif dengan massa sma. Oleh karena sangat kecil, partikel ini dapat dianggap tidak bermassa sehingga dinyatakan dengan notasi . Energi sinar beta sangat bervariasi, mempunyai daya tembus lebih besar daripada sinar alfa tetapi daya pengionnya lebih lemah. Dalam medan magnet, sinar ini membelok ke arah kutub positif. Sinar beta disebut juga *elektron berkecepatan tinggi* karena bergerak dengan kecepatan tinggi.

C. Sinar Gama (γ)

Sinar gama merupakan radiasi elektromagnetik berenergi tinggi, tidak bermuatan dan tidak bermassa, yang dinyatakan dengan notasi $^{0}_{0}\gamma$. Sinar ini dihasilkan oleh inti yang tereksitasi, biasanya mengikuti pemancaran sinar beta atau alfa. Sinar gama memiliki daya tembus yang sangat besar, paling besar di antara sinar radioaktif tetapi daya pengionnya paling lemah. Sinar ini tidak bermuatan listrik sehingga tidak dapat dibelokkan oleh medan listrik.

Kegunaan radioaktif antara lain sebagai berikut.

A. Sebagai Perunut

1. Bidang Kedokteran

Digunakan sebagai perunut untuk mendeteksi berbagai jenis penyakit, antara lain(Martin S. Silberberg, 2000: 1066):

a. ^{24}Na, mendeteksi adanya gangguan peredaran darah.
b. ^{59}Fe, mengukur laju pembentukan sel darah merah.
c. ^{11}C, mengetahui metabolisme secara umum.
d. ^{131}I, mendeteksi kerusakan pada kelenjar tiroid.
e. ^{32}P, mendeteksi penyakit mata, liver, dan adanya tumor.

2. Bidang Industri

Digunakan untuk meningkatkan kualitas produksi, seperti pada:

a. Industri makanan, sinar gama untuk mengawetkan makanan, membunuh mikroorganisme yang menyebabkan pembusukan pada sayur dan buah-buahan.
b. Industri metalurgi, digunakan untuk mendeteksi rongga udara pada besi cor, mendeteksi sambungan pipa saluran air, keretakan pada pesawat terbang, dan lain-lain.
c. Industri kertas, mengukur ketebalan kertas.
d. Industri otomotif, mempelajari pengaruh oli dan aditif pada mesin selama mesin bekerja.

3. Bidang Hidrologi

a. ^{24}Na dan ^{131}I, digunakan untuk mengetahui kecepatan aliran air sungai.
b. Menyelidiki kebocoran pipa air bawah tanah.
c. ^{14}C dan ^{13}C, menentukan umur dan asal air tanah.

4. Bidang Kimia

Digunakan untuk analisis penelusuran mekanisme reaksi kimia, seperti:

a. Dengan bantuan isotop oksigen–18 sebagai atom perunut, dapat ditentukan asal molekul air yang terbentuk.
b. Analisis pengaktifan neutron.
c. Sumber radiasi dan sebagai katalis pada suatu reaksi kimia.
d. Pembuatan unsur-unsur baru.

5. Bidang Biologi

a. Mengubah sifat gen dengan cara memberikan sinar radiasi pada gen-gen tertentu.
b. Menentukan kecepatan pembentukan senyawa pada proses fotosintesis menggunakan radioisotop C–14.
c. Meneliti gerakan air di dalam batang tanaman.

d. Mengetahui ATP sebagai penyimpan energi dalam tubuh dengan menggunakan radioisotop ^{38}F.

6. Bidang Pertanian

a. ^{37}P dan ^{14}C, mengetahui tempat pemupukan yang tepat.
b. ^{32}P, mempelajari arah dan kemampuan tentang serangga hama.
c. Mutasi gen atau pemuliaan tanaman.
d. ^{14}C dan ^{18}O, mengetahui metabolisme dan proses fotosintesis.

7. Bidang Peternakan

a. Mengkaji efisiensi pemanfaatan pakan untuk produksi ternak.
b. Mengungkapkan informasi dasar kimia dan biologi maupun antikualitas pada pakan ternak.
c. ^{32}P dan ^{35}S, untuk pengukuran jumlah dan laju sintesis protein di dalam usus besar.
d. ^{14}C dan ^{3}H, untuk pengukuran produksi serta proporsi asam lemak mudah menguap di dalam usus besar.

B. Sebagai Sumber Radiasi

1. Bidang Kedokteran

Digunakan untuk sterilisasi radiasi, terapi tumor dan kanker.

2. Bidang Industri

Digunakan untuk:

a. Perbaikan mutu kayu dengan penambahan monomer yang sudah diradiasi, kayu menjadi lebih keras dan lebih awet.
b. Perbaikan mutu serat tekstil dengan meradiasi serat tekstil, sehingga titik leleh lebih tinggi dan mudah mengisap zat warna serta air.
c. Mengontrol ketebalan produk yang dihasilkan, seperti lembaran kertas, film, dan lempeng logam.
d. ^{60}Co untuk penyamakan kulit, sehingga daya rentang kulit yang disamak dengan cara ini lebih baik daripada kulit yang disamak dengan cara biasa.

3. Bidang Peternakan

Digunakan untuk:

a. Mutasi gen dengan radiasi untuk pemuliaan tanaman.
b. Pemberantasan hama dengan meradiasi serangga jantan sehingga mandul.
c. Pengawetan bahan pangan dengan radiasi sinar-X atau gama untuk membunuh telur atau larva.
d. Menunda pertunasan pada bawang, kentang, dan umbi-umbian untuk memperpanjang masa penyimpanan.

Dampak negatif dari radiasi zat radioaktif, antara lain:

1. Radiasi zat radioaktif dapat memperpendek umur manusia. Hal ini karena zat radioaktif dapat menimbulkan kerusakan jaringan tubuh dan menurunkan kekebalan tubuh.
2. Radiasi zat radioaktif terhadap kelenjar-kelenjar kelamin dapat mengakibatkan kemandulan dan mutasi genetik pada keturunannya.
3. Radiasi zat radioaktif dapat mengakibatkan terjadinya pembelahan sel darah putih, sehingga mengakibatkan penyakit leukimia.
4. Radiasi zat radioaktif dapat menyebabkan kerusakan somatis berbentuk lokal dengan tanda kerusakan kulit, kerusakan sel pembentuk sel darah, dan kerusakan sistem saraf.

Rangkuman

1. Dari 118 unsur yang diketahui, sekitar 90 unsur berada di alam dan sisanya merupakan unsur sintesis (unsur buatan) di mana unsur-unsur tersebut ada yang terdapat sebagai unsur bebas dan pula yang berupa senyawa. Unsur-unsur gas mulia di alam terdapat sebagai unsur bebas.
2. Unsur-unsur yang paling banyak kelimpahannya di kulit bumi berturut-turut adalah oksigen, silikon, dan aluminium.
3. Halogen merupakan unsur-unsur golongan VIIA yang dapat membentuk garam jika bereaksi dengan logam, di mana menyebabkan kelompok ini bersifat sangat reaktif. Unsur-unsur yang termasuk dalam golongan ini adalah fluor, klor, brom, dan iod.
4. Golongan alkali adalah golongan IA, yang terdiri dari lithium, natrium, kalium, rubidium, sesium, dan fransium. Unsur alkali mempunyai 1 elektron valensi dalam pembentukan ikatan logam. Senyawa alkali tidak pernah ditemukan dalam keadaan unsur bebas karena sifatnya yang sangat reaktif dan alkali merupakan reduktor yang kuat. Logam alkali merupakan golongan logam yang paling reaktif. Kereaktifannya meningkat dari atas ke bawah (litium ke fransium), hal ini berkaitan dengan energi ionisasinya yang rendah, sehingga memudahkan unsur golongan ini untuk melepas elektron. Hampir semua senyawa logam alkali bersifat ionik dan mudah larut dalam air.
5. Unsur alkali tanah adalah logam golongan IIA yang mempunyai elektron valensi 2, sehingga cenderung melepaskan elektron. Karena elektron valensinya mudah lepas, maka unsur alkali tanah bersifat mudah teroksidasi. Hal ini menyebabkan golongan alkali tanah merupakan reduktor kuat. Unsur-unsur yang termasuk dalam golongan logam alkali tanah adalah berilium, magnesium, kalsium, stronsium, dan barium.
6. Unsur-unsur yang ada di dalam periode ketiga terdiri dari unsur logam (Na, Mg, Al), metaloid (Si), nonlogam (P, S, Cl), dan gas mulia (Ar). Dalam sistem periodik unsur, jari-jari atom unsur periode ketiga semakin ke kiri semakin kecil, hal ini mengakibatkan keelektronegatifan unsur-unsur periode ketiga semakin ke kanan semakin besar.

7. Pada sistem periodik unsur, yang termasuk dalam golongan transisi adalah unsur-unsur golongan B, dimulai dari IB – VIIB dan VIII. Sesuai dengan pengisian elektron pada subkulitnya, unsur ini termasuk unsur blok d, yaitu unsur-unsur dengan elektron valensi yang terletak pada subkulit d dalam konfigurasi elektronnya.
8. Beberapa kegunaan unsur-unsur transisi, antara lain:
 a. Skandium, digunakan pada lampu intensitas tinggi.
 b. Titanium, digunakan pada industri pesawat terbang dan industri kimia (pemutih kertas, kaca, keramik, dan kosmetik).
 c. Vanadium, digunakan sebagai katalis pada pembuatan asam sulfat.
 d. Kromium, digunakan sebagai plating logam-logam lainnya.
 e. Mangan, digunakan pada produksi baja dan umumnya alloy mangan-besi.
 f. Kobalt, digunakan untuk membuat aliansi logam.
 g. Nikel, digunakan untuk melapisi logam supaya tahan karat, membuat monel.
 h. Tembaga, digunakan pada alat-alat elektronik dan perhiasan.
9. Natrium dibuat dengan menggunakan proses Downs, yaitu elektrolisis lelehan NaCl (titik lebur 800 °C) ditambah 58% $CaCl_2$ dan KF untuk menurunkan suhu lebur hingga 505 °C.
10. Magnesium terdapat pada $MgCO_3$, $MgSO_4$, dolomit (campuran $CaCO_3.MgCO_3$), dan mika (K-Mg-Al-silikat). Magnesium banyak diproduksi karena stabil di udara terbuka. Magnesium dapat diperoleh juga melalui proses Downs.
11. Aluminium merupakan logam yang paling banyak dijumpai di muka bumi, sekitar 8,8%. Aluminium banyak terdapat dalam bijih bauksit ($Al_2O_3.2H_2O$) dengan kadar 35 – 60%, granit, dan tanah liat. Aluminium diperoleh dengan menggunakan proses Hall-Heroult, sesuai dengan nama penemunya Charles M. Hall (AS) dan Paul Heroult (Perancis) pada tahun 1886.
12. Unsur karbon memiliki beberapa bentuk yang berbeda, yaitu intan, grafit, dan arang. Bentuk-bentuk yang berbeda dari unsur yang sama disebut *alotropi*.
13. Beberapa kegunaan karbon monoksida:
 a. Es kering (*dry ice*), digunakan sebagai pendingin, seperti pada pembuatan es krim, produk daging, dan makanan beku.
 b. Sebagai pemadam api, CO_2 akan mencegah api menyebar karena sifatnya yang lebih ringan dibandingkan dengan udara, sehingga akan melingkari api.
 c. Untuk membuat minuman berkarbonasi (*soft drink*), seperti air soda, limun, dan lainnya.
 d. Sebagai reagen kimia pada proses pembuatan sodium salisilat, potasium, amonium karbonat dan bikarbonat.
 e. Sebagai bahan baku untuk fotosintesis dan menentukan suhu global iklim.
 f. Sebagai bahan baku untuk fotosintesis tumbuhan air dan digunakan siput dan sejenisnya untuk membuat cangkang.

14. Silikon merupakan unsur kedua terbanyak yang terdapat di muka bumi, yaitu sekitar 28%. Silikon dapat diperoleh dengan cara mencampurkan silika dan kokas (sebagai reduktor) dan memanaskannya di dalam tanur listrik pada suhu sekitar 3.000 °C.

 Reaksi: $SiO_2(l) + C(s) \longrightarrow Si(l) + 2\ CO(g)$

 Silikon umumnya digunakan untuk membuat transistor, chips computer, dan sel surya.

15. Nitrogen merupakan unsur yang paling melimpah yang dapat dengan mudah diakses oleh manusia. Di alam, nitrogen berbentuk sebagai senyawa N_2 dengan kadar 78,03% volum dan 75,45% berat. Nitrogen adalah gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa, serta mencair pada suhu –195,8 °C dan membeku pada suhu –210 °C. Nitrogen diperoleh dengan cara distilasi bertingkat udara cair.

16. Unsur fosfor mempunyai beberapa jenis, yaitu:
 a. Fosfor putih, bentuk molekulnya tetrahedral, bersifat lunak, sangat reaktif, dan beracun. Fosfor jenis ini sering disebut sebagai fosfor kuning karena kadang-kadang berwarna kekuningan.
 b. Fosfor merah, bentuk molekulnya belum dapat dipastikan, kurang reaktif, dan tidak beracun.
 c. Fosfor hitam (mirip grafit), diperoleh dengan memanaskan fosfor putih di bawah tekanan pada suhu 550 °C.

17. Dalam skala laboratorium, oksigen dapat diperoleh dengan cara:
 - Pemanasan campuran MnO_2 dan H_2SO_4, proses ini pertama kali diperkenalkan oleh C. W. Scheele (1771)

 Reaksi: $MnO_2(s) + H_2SO_4(aq) \quad MnSO_4(aq) + H_2O(l) + O_2(g)$

 - Pemanasan HgO, proses ini pertama kali diperkenalkan oleh Priesttley (1771)

 Reaksi: $2\ HgO(s) \quad 2\ Hg(l) + O_2(g)$

 - Pemanasan peroksida

 Reaksi: $2\ BaO_2(s) \quad 2\ BaO(s) + O_2(g)$

18. Kegunaan belerang yang utama adalah untuk membuat asam sulfat, vulkanisasi karet dan membasmi penyakit tanaman. Belerang juga digunakan untuk membuat CS_2 dan senyawa belerang lainnya.

19. Asam sulfat, H_2SO_4 dapat dibuat dengan dua cara, yaitu proses kontak dan proses bilik timbal.

20. Sinar-sinar radioaktif mempunyai sifat-sifat:
 - Dapat menembus kertas atau lempengan logam tipis.
 - Dapat mengionkan gas yang disinari.
 - Dapat menghitamkan pelat film.
 - Menyebabkan benda-benda berlapis ZnS dapat berpendar (fluoresensi).
 - Dapat diuraikan oleh medan magnet menjadi tiga berkas sinar, yaitu sinar , , dan .

Uji Kompetensi

I. Berilah tanda silang (x) huruf A, B, C, D, atau E pada jawaban yang paling benar!

1. Bahan alam yang mengandung unsur atau senyawa tertentu disebut … .
 A. unsur
 B. senyawa
 C. mineral
 D. metaloid
 E. logam
2. Tiga unsur yang paling melimpah di muka bumi adalah
 A. oksigen, nitrogen, dan klorida
 B. silikon, argon, dan natrium
 C. oksigen, silikon, dan aluminium
 D. nitrogen, aluminium, dan natrium
 E. oksigen, silikon, dan nitrogen
3. Unsur yang paling melimpah di udara adalah
 A. nitrogen dan karbon dioksida
 B. oksigen dan karbon dioksida
 C. nitrogen dan oksigen
 D. oksigen dan argon
 E. argon dan karbon dioksida
4. Logam yang paling melimpah di bumi adalah
 A. natrium
 B. besi
 C. krom
 D. seng
 E. magnesium
5. Yang berwujud gas pada golongan halogen adalah
 A. brom dan iodin
 B. klor dan iodin
 C. fluor dan klor
 D. fluor dan brom
 E. brom dan klor
6. Unsur yang ***tidak*** dapat membentuk asam oksi adalah
 A. fluor
 B. klor
 C. brom
 A. iodin
 B. astatin
7. Unsur logam alkali yang mempunyai keelektronegatifan paling besar adalah
 A. natrium
 B. litium
 C. kalium
 D. rubidium
 E. sesium

8. Logam alkali tidak dapat bereaksi dengan
 A. udara
 B. air
 C. asam kuat
 D. logam
 E. halogen
9. Berikut ini merupakan logam alkali tanah, ***kecuali***
 A. magnesium
 B. barium
 C. boron
 D. berilium
 E. radium
10. Unsur logam alkali tanah yang bersifat amfoter adalah
 A. berilium
 B. magnesium
 C. kalsium
 D. barium
 E. radium
11. Unsur pada periode ketiga yang merupakan oksidator paling kuat adalah
 A. natrium
 B. magnesium
 C. aluminium
 D. silikon
 E. klor
12. Yang ***bukan*** termasuk asam dan/atau basa adalah
 A. natrium
 B. magnesium
 C. aluminium
 D. silikon
 E. klor
13. Unsur transisi periode 4 yang mempunyai sifat paramagnetik adalah
 A. skandium, titanium, dan krom
 B. tembaga, seng, dan vanadium
 C. besi, kobalt, dan nikel
 D. vanadium, krom, dan mangan
 E. skandium, vanadium, dan mangan
14. Unsur yang dapat digunakan untuk melapisi logam agar tahan karat adalah
 A. skandium dan titanium
 B. krom dan nikel
 C. nikel dan kobalt
 D. vanadium dan mangan
 E. tembaga dan krom
15. Fungsi batu kapur pada pengolahan besi adalah
 A. sebagai oksidator
 B. sebagai reduktor
 C. sebagai katalisator
 D. sebagai fluks
 E. untuk menurunkan titik cair besi

16. Pembuatan asam sulfat menurut proses kontak dilakukan dengan kondisi
 A. suhu dan tekanan rendah dengan katalisator V_2O_5
 B. tekanan rendah, suhu sekitar 500 °C, katalisator NO_2
 C. tekanan 150 – 200 atm, suhu rendah, katalisator V_2O_5
 D. tekanan rendah, suhu sekitar 500 °C, katalisator V_2O_5
 E. tekanan 150 – 200 atm, suhu sekitar 500 °C, katalisator V_2O_5
17. Ilmuwan yang mengemukakan bahwa sinar radioaktif dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan muatannya adalah
 A. Antoine Henri Becquerel
 B. Ernest Rutherford
 C. Wilhelm Konrad Rontgen
 D. Paul Wrich Villard
 E. Marie Curie
18. Berikut ini yang ***bukan*** merupakan sifat dari sinar alfa adalah
 A. memiliki daya tembus yang lebih kuat dari sinar beta
 B. tersusun dari inti helium
 C. massanya 4 sma
 D. bermuatan positif
 E. memiliki daya pengion yang lebih besar dari sinar gama
19. Di bawah ini yang merupakan penggunaan radioisotop dalam bidang hidrologi adalah
 A. penentuan senyawa pencemar di perairan
 B. pengisian bahan-bahan pakaian sintesis
 C. pengisian kemasan detergen
 D. detektor kebocoran pipa minyak
 E. vulkanisasi karet
20. Radioisotop dapat digunakan untuk mendeteksi rongga udara pada besi cor. Hal ini merupakan pemanfaatan radioaktif di bidang
 A. peternakan
 B. kimia
 C. kedokteran
 D. industri
 E. hidrologi

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Mengapa logam-logam alkali dapat dipotong dengan mudah?
2. Mengapa meskipun mempunyai banyak kemiripan sifat dengan logam alkali, logam alkali tanah kurang reaktif jika dibandingkan dengan logam alkali yang seperiode dengannya?
3. Bagaimana mendapatkan $CaCO_3$ murni?

4. Jelaskan proses pembuatan aluminium! Mengapa pada proses pembuatan aluminium perlu ditambahkan kriolit?
5. Jelaskan perbedaan sifat-sifat antara halogen dan halida!
6. Berapakah MR udara jika udara dianggap terdiri dari 20% oksigen dan 80% nitrogen?
7. Suatu sumber gas alam mengandung 8% He (% volum). Berapa liter gas alam ini harus diproses pada keadaan STP untuk memperoleh 5 gram He?
8. Mengapa ion-ion logam transisi mempunyai berbagai macam warna?
9. Mengapa zat radioisotop dapat digunakan sebagai zat perunut?
10. Sebutkan dampak negatif dari penggunaan zat radioaktif yang berlebihan!

Latihan Ulangan Umum Semester 1

Pilih satu jawaban paling benar di antara pilihan jawaban A, B, C, D, atau E! Untuk soal yang memerlukan hitungan, jawablah dengan uraian jawaban beserta cara mengerjakannya!

1. Molalitas larutan NaCl 10% massa dalam air adalah (M_r NaCl = 58,5)
 A. 1,5 m
 B. 1,7 m
 C. 1,9 m
 D. 2,1 m
 E. 2,3 m
2. Suatu larutan gliserin ($C_3H_5(OH)_3$) dibuat dengan melarutkan 45 gram senyawa tersebut (A_r C = 12, H = 1, dan O = 16) dalam 100 gram H_2O. Molalitas gliserin dalam larutan tersebut adalah
 A. 0,081 m
 B. 0,310 m
 C. 31,0 m
 D. 4,89 m
 E. 8,10 m
3. Massa jenis suatu larutan CH_3COOH 5,2 M adalah 1,04 g/mL. Jika M_r CH_3COOH = 60, maka konsentrasi larutan ini dinyatakan dalam % berat asam asetat adalah
 A. 18%
 B. 24%
 C. 30%
 D. 36%
 E. 40%
4. Molalitas suatu larutan 20% berat C_2H_5OH (M_r = 46) adalah
 A. 6,4
 B. 5,4
 C. 4,4
 D. 3,4
 E. 0,4
5. Fraksi mol suatu larutan metanol, CH_3OH (Ar C = 12, O = 16, dan H = 1) dalam air 0,50. Konsentrasi metanol dalam larutan ini dinyatakan dalam persen berat adalah
 A. 50%
 B. 60%
 C. 64%
 D. 75%
 E. 50%
6. Suatu zat organik sebanyak 0,645 gram yang dilarutkan dalam 50 gram CCl_4 (A_r C = 12 dan Cl = 35,5) memberikan ΔT_b = 0,645 °C. Jika K_b pelarut = 5,03, maka massa molekul relatif zat itu adalah
 A. 100
 B. 90
 C. 80
 D. 70
 E. 50
7. Asam benzoat (M_r = 122) sebanyak 12,2 gram dilarutkan dalam 122 gram etanol,

C_2H_5OH (A_r C = 12, H = 1, dan O = 16) menyebabkan kenaikan titik didih 1°C. Besarnya tetapan kenaikan titik didih molal etanol (K_b) adalah

A. 2,24
B. 1,83
C. 1,55
D. 1,22
E. 1,71

8. Untuk menaikkan titih didih 250 mL air menjadi 100,1°C pada tekanan 1 atm (K_b = 0,50), maka jumlah gula (M_r = 342) yang harus dilarutkan adalah
 A. 654 gram
 B. 342 gram
 C. 171 gram
 D. 86 gram
 E. 17 gram
9. Jika 10 gram dari masing-masing zat berikut ini dilarutkan dalam 1 kg air, maka zat yang akan memberikan larutan dengan titik didih paling rendah adalah (A_r C = 12, H = 1, dan O = 16)
 A. etanol (C_2H_5OH)
 B. gliserin ($C_3H_8O_3$)
 C. glukosa ($C_6H_{12}O_6$)
 D. metanol (CH_3OH)
 E. semua zat di atas memberikan efek yang sama
10. Di antara kelima larutan berikut ini, yang mempunyai titik didih paling rendah adalah
 A. KCl 0,03 M
 B. $Mg(NO_3)_2$ 0,02 M
 C. NaCl 0,02 M
 D. $Al_2(SO_4)_3$ 0,01 M
 E. $KAl(SO_4)$ 0,03 M
11. Jika diketahui tekanan osmotik larutan 10 gram asam benzoat, C_6H_5COOH (A_r C = 12, H = 1, dan O = 16) dalam benzena adalah 2 atm pada suhu tertentu, maka larutan 20 gram senyawa dimernya ($(C_6H_5COOH)_2$) dalam pelarut yang sama mempunyai tekanan osmotik sebesar
 A. 0,5 atm
 B. 1,0 atm
 C. 2,0 atm
 D. 4,0 atm
 E. 8,0 atm
12. Di antara kelima macam larutan di bawah ini, yang titik bekunya paling tinggi adalah larutan
 A. Na_2CO_3 0,3 *M*
 B. CH_3COOH 0,5 *M*
 C. $MgCl_2$ 0,8 *M*
 D. $Mg(NO_3)_2$ 0,2 *M*
 E. $CuSO_4$ 0,2 *M*
13. Suatu larutan urea dalam air mempunyai penurunan titik beku 0,372 °C. Bila K_b

molal air = 1,85 °C dan K_d molal air = 0,52 °C, maka kenaikan titik didih larutan urea tersebut adalah....

A. 2,60 °C
B. 1,04 °C
C. 0,892 °C
D. 0,104 °C
E. 0,026 °C

14. Supaya air sebanyak 1 ton tidak membeku pada suhu –5 °C, ke dalamnya harus dilarutkan garam dapur yang jumlahnya tidak boleh kurang dari(tetapan penurunan titik beku molal air = 1,86 dan M_r NaCl = 58,5)

A. 13,4 kg
B. 26,9 kg
C. 58,5 kg
D. 78,6 kg
E. 152,2 kg

15. Kenaikan titik didih molal air = 0,5 °C. Jika 1 mol H_2SO_4 dilarutkan dalam 1.000 gram air dan dipanaskan, maka larutan tersebut akan mendidih pada suhu

A. 100 °C
B. 100,5 °C
C. 101,0 °C
D. 101,5 °C
E. 102,0 °C

16. Reaksi berikut ini yang ***bukan*** merupakan reaksi redoks adalah

A. $(NH_4)_2Cr_2O_7 \rightarrow N_2 + 4\ H_2O + Cr_2O_3$
B. $CuCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + H_2O + CO_2$
C. $H_2S + 2\ H_2O + 3\ Cl_2 \rightarrow SO_2 + 6HCl$
D. $Mg + CuSO_4 \rightarrow MgSO_4 + Cu$
E. $3\ CH_3CHOHCH_3 + 2\ CrO_3 \rightarrow 3\ CH_3COCH_3 + 2\ Cr(OH)_3$

17. Pada reaksi redoks $ICl \rightarrow IO_3^- + Cl^- + I_2$, perubahan bilangan oksidasi I adalah

A. dari +1 menjadi +3 dan –1
B. dari –1 menjadi +5 dan –1
C. dari –1 menjadi +5 dan 0
D. dari 0 menjadi +3 dan 0
E. dari +1 menjadi +5 dan 0

18. Diketahui:

$Ni^{2+} + 2\ e^- \rightarrow Ni$ $\quad E° = –0,25$ V
$Pb^{2+} + 2\ e^- \rightarrow Pb$ $\quad E° = –0,13$ V

Potensial standar sel volta yang terdiri dari elektrode Ni dan Pb adalah

A. –0,38 V
B. –0,12 V
C. +0,12 V
D. +0,25 V
E. +0,38 V

19. Diketahui data potensial reduksi standar sebagai berikut.

$E° A^{2+}/A = -0{,}45$ V
$E° B^{2+}/B = -0{,}13$ V
$E° C^{2+}/C = -0{,}77$ V
$E° D^{2+}/D = -0{,}15$ V

Reaksi yang ***tidak*** dapat berlangsung dalam keadaan standar adalah

A. $B^{2+} + A \rightarrow B + A^{2+}$
B. $B^{2+} + C \rightarrow B + C^{2+}$
C. $A^{2+} + D \rightarrow A + D^{2+}$
D. $B^{2+} + D \rightarrow B + D^{2+}$
E. $A^{2+} + C \rightarrow A + C^{2+}$

20. Unsur Mn yang mempunyai bilangan oksidasi sama dengan bilangan oksidasi Cr dalam $K_2Cr_2O_7$ adalah
A. $KMnO_4$
B. K_2MnO_4
C. $MnSO_4$
D. MnO
E. MnO_2

21. Pada reaksi (belum setara):
$H_2SO_4 + HI \rightarrow H_2S + I_2 + H_2O$
satu mol asam sulfat dapat mengoksidasi hidrogen iodida sebanyak
A. 1 mol
B. 2 mol
C. 4 mol
D. 6 mol
E. 8 mol

22. Pada reaksi redoks:
$MnO_2 + 2\ H_2SO_4 + 2\ NaI \rightarrow MnSO_4 + Na_2SO_4 + 2\ H_2O + I_2$
yang berperan sebagai oksidator adalah
A. NaI
B. H_2SO_4
C. MnO_2
D. I_2
E. Na_2SO_4

23. Pada persamaan reaksi redoks:
$a\ MnO_4^- + 6\ H^+ + b\ C_2H_2O_4 \rightarrow a\ Mn^{2+} + 8\ H_2O + 10\ CO_2$
a dan *b* berturut-turut adalah
A. 2 dan 3
B. 2 dan 4
C. 2 dan 5
D. 3 dan 4
E. 3 dan 5

24. Logam A dapat mendesak logam B dari larutannya. Logam C dapat mendesak logam B dari larutannya. Logam C tidak dapat mendesak logam A dari larutan-

nya. Urutan potensial reduksi semakin negatif dari ketiga logam tersebut adalah

A. A, B, C
B. A, C, B
C. C, B, A
D. B, C, A
E. C, A, B

25. Pada suatu sel elektrolisis terjadi
 A. oksidasi pada katode
 B. reduksi pada anode
 C. reduksi pada katode
 D. perpindahan kation ke elektrode positif
 E. perpindahan anion ke elektrode negatif
26. Pada proses elektrolisis larutan NaOH dengan elektrode Pt, reaksi kimia yang terjadi pada katode adalah
 A. $Na^+ + e^- \rightarrow Na$
 B. $4\ OH^- \rightarrow 2\ H_2O + O_2 + 4\ e^-$
 C. $2\ H_2O + 2\ e^- \rightarrow H_2 + 2\ OH^-$
 D. $2\ H^+ + 2\ e^- \rightarrow H_2$
 E. $2\ H_2O \rightarrow 4\ H^+ + O_2 + 4\ e^-$
27. Kalium klorat dibuat dengan elektrolisis KCl dalam larutan basa berdasarkan reaksi:

 $KCl + 3\ H_2O \rightarrow KClO_3 + 3\ H_2$

 Untuk membuat 1 mol $KClO_3$ dibutuhkan muatan listrik sebanyak
 A. 2 faraday
 B. 3 faraday
 C. 4 faraday
 D. 5 faraday
 E. 6 faraday
28. Sebanyak 1 liter larutan $CrCl_3$ 1,0 *M* dielektrolisis dengan arus 6 A. Waktu yang diperlukan untuk mengendapkan semua logam kromium (A_r = 52 dan 1 F = 96.500 $C.mol^{-1}$) adalah
 A. 289.500 detik
 B. 96.500 detik
 C. 48.250 detik
 D. 32.167 detik
 E. 16.083 detik
29. Pada suatu elektrolisis, sejumlah arus tertentu dalam waktu 2 jam membebaskan 0,504 gram gas hidrogen (A_r H = 1). Banyaknya gas oksigen (A_r O = 16) yang dapat dibebaskan oleh arus yang sama dalam waktu yang sama adalah
 A. 1 gram
 B. 2 gram
 C. 3 gram
 D. 4 gram
 E. 5 gram
30. Sejumlah tertentu muatan listrik dapat mengendapkan 2,7 gram aluminium

(A_r Al = 27) dari larutan yang mengandung ion Al^{3+}. Muatan listrik yang sama bila dialirkan ke dalam larutan asam akan menghasilkan gas H_2 (0 °C, 1 atm) se-banyak

A. 2,24 liter
B. 3,36 liter
C. 4,48 liter
D. 5,60 liter
E. 6,72 liter

31. Larutan $Cu(NO_3)_2$ dielektrolisis dengan elektrode platina dan diperoleh tembaga 12,7 gram (A_r Cu = 63,5). Volume oksigen yang dihasilkan pada anode (STP) adalah

A. 1,12 liter
B. 2,24 liter
C. 3,36 liter
D. 4,48 liter
E. 5,60 liter

32. Dalam suatu proses elektrolisis larutan asam sulfat encer terbentuk 2,24 liter gas hidrogen (STP). Jika jumlah muatan listrik yang sama dialirkan ke dalam larutan perak nitrat (A_r Ag = 108), maka banyaknya perak yang mengendap pada katode adalah

A. 2,7 gram
B. 5,4 gram
C. 10,8 gram
D. 21,6 gram
E. 43,2 gram

33. Arus listrik dialirkan melalui larutan $CuSO_4$ sehingga dihasilkan 3,175 gram logam Cu (A_r Cu = 63,5). Bila jumlah arus listrik yang sama digunakan untuk elektrolisis larutan NaCl, maka akan dihasilkan gas Cl_2 (A_r Cl = 35,5) pada keadaan STP sebanyak

A. 1,12 liter
B. 2,24 liter
C. 5,60 liter
D. 11,2 liter
E. 22,4 liter

34. Elektrolisis suatu larutan natrium klorida menghasilkan 11,2 liter (STP) gas Cl_2 pada anode. Banyaknya muatan listrik yang lewat adalah

A. 2,00 F
B. 1,50 F
C. 1,00 F
D. 0,50 F
E. 0,25 F

35. Arus listrik 965 mA dialirkan melalui suatu larutan asam selama 5 menit. Banyaknya gas hidrogen yang terbentuk adalah (1 F = 96.500 C/mol)

A. $3,0 \times 10^{-3}$ mol
B. $2,5 \times 10^{-3}$ mol
C. $2,0 \times 10^{-3}$ mol
D. $1,5 \times 10^{-3}$ mol
E. $1,0 \times 10^{-3}$ mol

36. Hidroksida berikut yang sifat basanya paling kuat adalah

A. $Sr(OH)_2$
B. $Ba(OH)_2$
C. $Mg(OH)_2$
D. $Ca(OH)_2$
E. $Be(OH)_2$

37. Unsur periode ketiga yang terdapat bebas di alam adalah
A. Si dan Cl
B. Cl dan Ar
C. P dan S
D. S dan Cl
E. Ar dan S

38. Pernyataan yang ***salah*** mengenai unsur-unsur halogen adalah
A. fluorin dan klorin berwujud gas
B. asam terlemah adalah HF
C. titik didih asam halida tertinggi adalah HF
D. kemampuan mengoksidasi menurun sebanding dengan kenaikan nomor atom
E. fluorin merupakan reduktor terkuat

39. Halogen yang mudah direduksi adalah
A. fluorin
B. klorin
C. bromin
D. iodin
E. astatin

40. Sifat-sifat berikut ini yang ***bukan*** merupakan sifat logam alkali adalah
A. merupakan unsur yang sangat reaktif
B. terdapat di alam dalam keadaan bebas
C. dibuat dengan cara elektrolisis leburan garamnya
D. ionnya bermuatan positif satu
E. senyawa-senyawanya mudah larut dalam air

41. Oksigen dapat diperoleh dari udara cair melalui proses
A. elektrolisis
B. penyaringan
C. distilasi
D. difusi
E. kristalisasi

42. Unsur-unsur periode ketiga terdiri atas Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, dan Ar. Atas dasar konfigurasi elektronnya, maka dapat dikatakan bahwa
A. Si adalah logam
B. P, S, dan Cl cenderung membentuk basa
C. Na paling sukar bereaksi
D. Na, Mg, dan Al dapat berperan sebagai oksidator
E. energi ionisasi pertama Ar paling besar

43. Logam yang paling kuat bereaksi dengan air adalah

A. Ba
B. Sr
C. Mg
D. Ca
E. Ra

44. Logam aluminium mempunyai sifat-sifat berikut, ***kecuali***
A. dapat bereaksi dengan asam kuat
B. larut dalam larutan NaOH
C. dengan larutan basa kuat menghasilkan H_2
D. merupakan oksidator kuat
E. dengan HNO_3 pekat menghasilkan oksida nitrogen

45. Logam-logam berikut ini sukar bereaksi dengan asam klorida encer, ***kecuali***
A. emas
B. besi
C. raksa
D. tembaga
E. perak

46. Senyawa yang dikenal sebagai soda kue mempunyai rumus kimia
A. $NaNO_3$
B. NaCl
C. NaOH
D. Na_2CO_3
E. $NaHCO_3$

47. Stainless steel merupakan salah satu baja yang tahan karat yang mengandung ...
A. Mn dan Fe
B. Cr, Ni, dan Fe
C. Cr dan Ni
D. Cr, Mn, dan Fe
E. Cu dan Zn

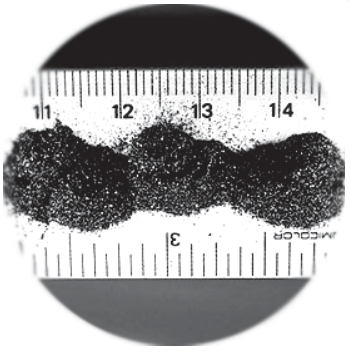
48. Prinsip pengolahan besi kasar menjadi besi baja adalah mengurangi kadar
A. karbon
B. timah
C. kromium
D. nikel
E. zink

49. Isotop $^{242}_{94}Pu$ memancarkan lima buah partikel α dan dua buah partikel B. Isotop yang terbentuk dalam proses ini adalah
A. $^{232}_{90}Th$
B. $^{220}_{87}Fr$
C. $^{247}_{96}Cm$
D. $^{244}_{94}Pu$
E. $^{222}_{86}Rn$

50. Pada reaksi transmutasi $^{44}_{20}Ca$ (x, n) $^{44}_{21}Sc$, x adalah
A. neutron
B. elektron
C. proton
D. positron
E. sinar α

BAB 4

Senyawa Karbon



Tujuan Pembelajaran:

Setelah mempelajari bab ini, Anda diharapkan mampu:

1. Mengelompokkan senyawa karbon berdasarkan gugus fungsinya.
2. Membedakan alkohol primer, sekunder, dan tersier.
3. Menuliskan senyawa isomer alkohol.
4. Memberikan nama alkohol berdasar rumus struktur dan sebaliknya.
5. Menjelaskan sifat-sifat dan kegunaan serta dampak alkohol dalam kehidupan sehari-hari.
6. Memberikan nama senyawa eter berdasarkan rumus strukturnya dan sebaliknya.
7. Menjelaskan keisomeran fungsi antara alkohol dan eter.
8. Menjelaskan sifat dan kegunaan eter dalam kehidupan sehari-hari.
9. Memberikan nama senyawa aldehid berdasarkan rumus strukturnya dan sebaliknya.
10. Menuliskan reaksi pembuatan aldehid dari alkohol primer dengan senyawa oksidator.
11. Menjelaskan sifat dan kegunaan serta dampak penggunaan aldehid dalam kehidupan sehari-hari.
12. Memberikan nama senyawa keton berdasarkan rumus strukturnya dan sebaliknya.
13. Menjelaskan keisomeran fungsi antara aldehid dengan keton.
14. Membedakan antara aldehid dengan keton.
15. Menuliskan reaksi pembuatan keton dari alkohol sekunder dengan bantuan senyawa oksidator.
16. Menjelaskan sifat dan kegunaan serta dampak penggunaan keton dalam kehidupan sehari-hari.
17. Memberikan nama senyawa asam karboksilat berdasarkan rumus strukturnya dan sebaliknya.
18. Menuliskan rumus dan isomer-isomer asam karboksilat
19. Menjelaskan sifat dan kegunaan asam karboksilat dalam kehidupan sehari-hari.
20. Memberikan nama senyawa ester berdasarkan rumus strukturnya dan sebaliknya.
21. Menjelaskan keisomeran fungsi antara asam karboksilat dengan ester.
22. Menuliskan reaksi pembuatan ester.
23. Menjelaskan sifat dan kegunaan ester dalam kehidupan sehari-hari.

Kata Kunci

Gugus fungsi, haloalkana, alkohol primer, isomer, eter, aldehid, keton, asam karboksilat, esterifikasi, ester, essens.

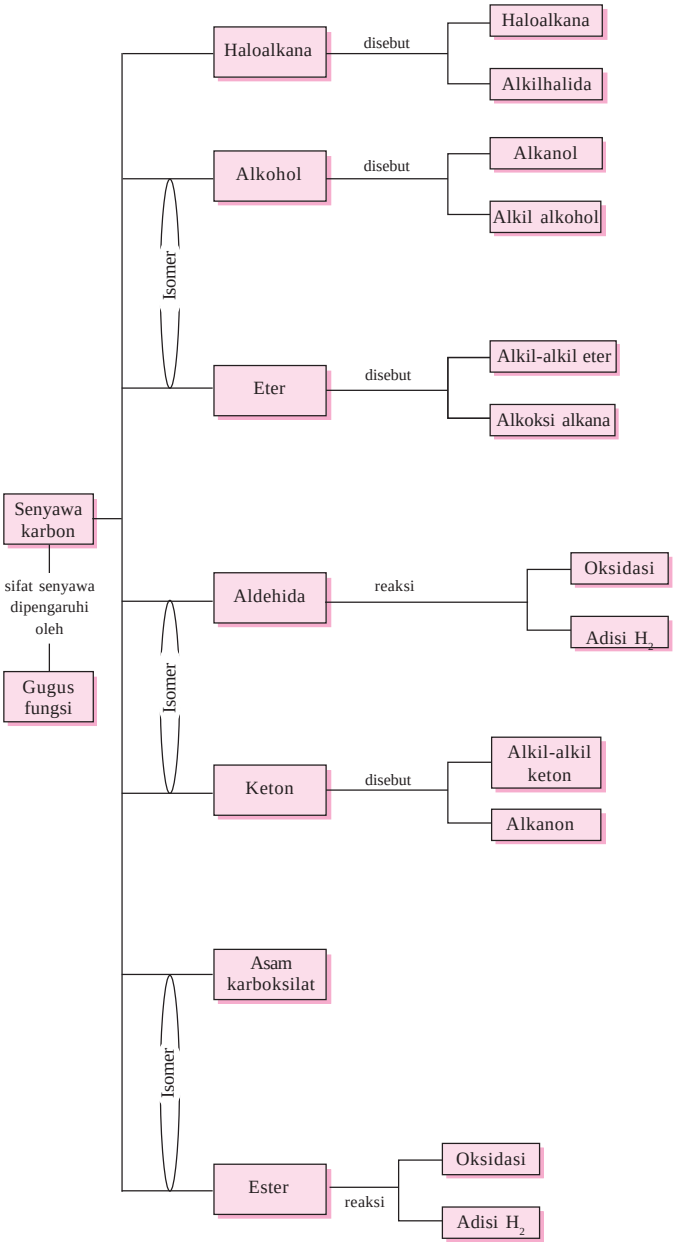
Pengantar

Di kelas X Anda sudah mempelajari mengapa di alam ini keberadaan senyawa organik jauh lebih banyak dibandingkan dengan senyawa anorganik. Di samping itu Anda juga sudah mempelajari tentang senyawa hidrokarbon yang meliputi alkana, alkena, dan alkuna.

Di kelas XII ini Anda akan mempelajari lebih lanjut senyawa karbon lain, yaitu senyawa alkohol, eter, aldehid, keton, asam karboksilat dan ester, serta beberapa senyawa karbon yang termasuk makromolekul. Tetapi sebelum mempelajari senyawa-senyawa karbon tersebut, Anda akan mempelajari lebih dahulu tentang gugus fungsi agar Anda mengetahui mengapa senyawa-senyawa karbon tersebut mempunyai sifat-sifat yang berbeda walaupun komposisi dan jumlah atom penyusunnya sama.

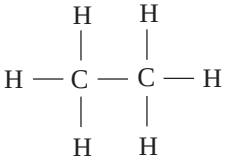
Peta Konsep

Senyawa Karbon

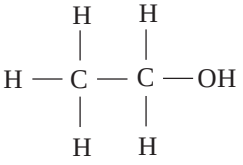


4.1 Gugus Fungsi Senyawa Karbon

Perhatikan dua senyawa karbon berikut.



Wujud : gas (25 °C)
t.d : –89 °C

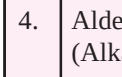
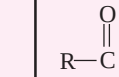
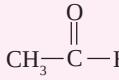
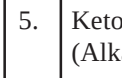
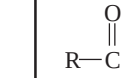
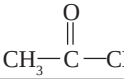
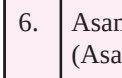
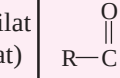
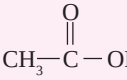
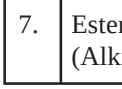
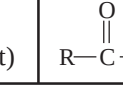
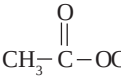


Wujud : cair (25 °C)
t.d : –89 °C

Apa yang dapat Anda simpulkan dari pengamatan dua senyawa di atas? Kedua senyawa di atas mempunyai jumlah atom C dan H sama, tetapi mempunyai sifat yang berbeda. Perbedaan sifat kedua senyawa di atas disebabkan oleh satu atom H pada etana digantikan oleh gugus –OH. Gugus –OH inilah yang menyebabkan perbedaan sifat antara etana dengan etanol. Gugus –OH ini dikenal dengan sebutan *gugus fungsi*.

Gugus fungsi adalah atom atau gugus atom yang menjadi ciri khas suatu deret homolog. Setiap senyawa karbon yang mempunyai gugus fungsi berbeda akan mempunyai sifat yang berbeda pula.
Berikut ini beberapa gugus fungsi dari senyawa turunan alkana yang akan kita pelajari pada bab-bab selanjutnya.

Tabel 4.1 Rumus Struktur Gugus Fungsi Senyawa Turunan Alkana

No.	Golongan	Rumus Struktur	Gugus Fungsi	Contoh Senyawa	Nama Senyawa
1.	Haloalkana	R – X	–X	CH_3–Cl	Klorometana (metilklorida)
2.	Alkohol (Alkanol)	R–OH	–OH	CH_3–OH	Metanol (metil alkohol)
3.	Eter (Alkasialkana)	R–O–R′	–O–	CH_3–O–CH_3	Metoksi metana (dimetil eter)
4.	Aldehid (Alkanal)				Etanal (asetaldehida)
5.	Keton (Alkanon)				Propanon (dimetil keton)
6.	Asam Karboksilat (Asam Alkanoat)				Asam etanoat (asam asetat)
7.	Ester (Alkil Alkanoat)				Metil etanoat (metil asetat)

Catatan: R = Alkil (C_nH_{2n+1})

A. Haloalkana

Haloalkana merupakan salah satu senyawa turunan alkana. Haloalkana mempunyai rumus struktur yang sama dengan alkana, hanya satu atau lebih atom H-nya diganti oleh atom halogen (X = F, Cl, Br, I).

1. Tata Nama Haloalkana

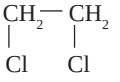
Tata nama haloalkana dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

a. Tata Nama IUPAC

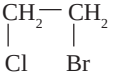
Haloalkana merupakan nama IUPAC. Sedangkan urutan cara penamaannya sebagai berikut:

1) Menentukan rantai induk, yaitu rantai karbon terpanjang yang mengandung atom halogen (X = F, Cl, Br, I).
2) Memberi nomor. Penomoran dimulai dari salah satu ujung rantai sedemikian sehingga posisi atom halogen mendapat nomor terkecil.
 Catatan: Jika terdapat lebih dari satu atom halogen, maka prioritas penomoran didasarkan kereaktifannya, yaitu F, Cl, Br, I.
3) Gugus alkil selain rantai induk dan atom halogen sebagai cabang.

Contoh: $CH_3–CH_2–Cl$ 1– kloroetana



1,2 – dikloroetana

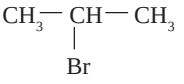


2 – bromo – 1 – kloroetana

b. Tata Nama Trivial (lazim)

Nama lazim monohaloalkana adalah alkilhalida.

Contoh: $CH_3–CH_2–Cl$ metilklorida



isopropilbromida

2. Pembuatan

Pembuatan haloalkana dapat menggunakan dua jenis reaksi, yaitu:

a. Reaksi Substitusi

Reaksi substitusi adalah reaksi penggantian satu atom atau gugus atom dalam suatu molekul oleh sebuah atom lain.

Misalnya pada temperatur tinggi atau dengan adanya cahaya ultraviolet, satu atom hidrogen atau lebih dalam suatu molekul alkana dapat digantikan oleh atom klor dan brom.

Contoh: $CH_3–CH_3 + Cl_2 \longrightarrow CH_3–CH_2–Cl$

Etana kloroetana (etilklorida)

Etil klorida cair dengan titik didih 12 °C seringkali digunakan sebagai zat pemati rasa lokal, cairan ini menyerap kalor untuk penguapannya dan menguap sedemikian cepat sehingga membekukan jaringan dan karena menyebabkan hilangnya sebagian perasaan (sakit). Seringkali disemprotkan pada permukaan tubuh seorang pemain *baseball* yang kena bola karena kesalahan lempar (Keenan, dkk, 1999: 377).

b. Reaksi Adisi (reaksi penjenuhan)

Reaksi adisi adalah reaksi pengubahan ikatan rangkap suatu molekul (alkena atau alkuna) menjadi ikatan tunggal.

Contoh: $CH_2 = CH_2 + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl–CH_2Cl$

$CH_2 = CH–CH_3 + HBr \rightarrow CH_3–CHBr–CH_3$

(*Ingat aturan Markownikov*!!!)

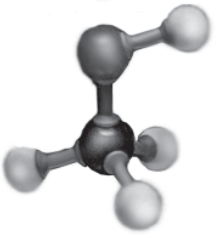
Latihan 4.1

1. Tuliskan persamaan reaksinya.
 a. 1–butena + gas klorin → 1,2–diklorobutana
 b. 1–propena + gas asam bromida → 2–bromopropana
2. Diketahui reaksi sebagai berikut.
 $CH_4 + Cl_2 \rightarrow P$
 $P + Cl_2 \rightarrow Q$
 $Q + Cl_2 \rightarrow R$
 $R + Cl_2 \rightarrow S$
 Tuliskan rumus kimia dari P, Q, R, dan S!

B. Alkohol dan Eter

1. Alkohol

Kita telah lama mengenal alkohol sebagai zat yang bersifat memabukkan. Karena kebanyakan alkohol dipergunakan secara keliru, yaitu hanya untuk mabuk-mabukan, maka kata alkohol mengandung konotasi sebagai zat yang merusak, padahal masih banyak manfaat yang dapat diperoleh dari alkohol. Sifat memabukkan dari alkohol hanya merupakan sebagian kecil dari sifat alkohol. Alkohol merupakan senyawa turunan alkana yang mengandung gugus fungsi – OH. Contoh rumus struktur salah satu jenis alkohol, yaitu metanol seperti tampak pada gambar 4.1. Senyawa alkohol sudah banyak dikenal dan dimanfaatkan oleh manusia, baik dalam bentuk minuman, makanan, maupun untuk kepentingan medis. Beberapa jenis makanan dan minuman beralkohol yang banyak dikonsumsi orang dihasilkan dari hasil fermentasi karbohidrat, misalnya tape singkong, minuman anggur, dan lain-lain.



Gambar 4.1 Rumus Struktur Metanol atau Metil alkohol (Sumber: *Chemistry and Chemical Reactivity*, Kotz and Purcell 1978, CBS College Publishing New York)

a. Rumus Umum Alkohol

Perhatikan rumus struktur senyawa karbon berikut.

$CH_3–CH_3$ $CH_3–CH_2–OH$

$CH_3–CH_2–CH_3$ $CH_3–CH_2–CH_2–OH$

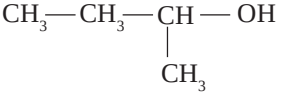
Apa yang Anda simpulkan? Karena rumus umum alkana adalah C_nH_{2n+2}, maka rumus umum alkohol (alkanol) adalah $C_nH_{2n+1}OH$ atau $C_nH_{2n+2}O$.

b. Jenis-jenis Alkohol

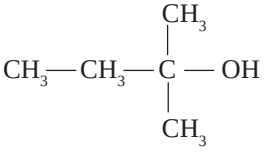
Pada pembahasan alkana di kelas X, berdasarkan posisinya dalam rumus struktur alkana, dikenal empat jenis atom C, yaitu atom C primer, atom C sekunder, atom C tersier, dan atom C kuartener.

Berdasarkan letak gugus fungsinya, alkohol dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

1) Alkohol primer, yaitu alkohol yang gugus fungsinya (–OH) terikat pada atom C primer.
 Contoh: $CH_3–CH_2–OH$
2) Alkohol sekunder, yaitu alkohol yang gugus fungsinya (–OH) terikat pada atom C sekunder.
 Contoh:

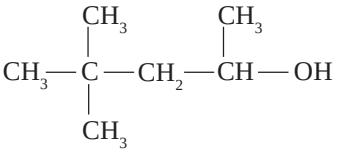


3) Alkohol tersier, yaitu alkohol yang gugus fungsinya (–OH) terikat pada atom C tersier.
 Contoh:

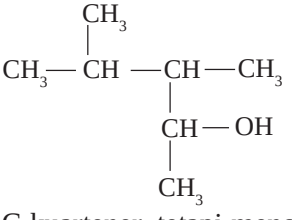


Tugas Individu 4.1

1. Jelaskan yang dimaksud dengan:
 a. atom C primer
 b. atom C sekunder
 c. atom C tersier
 d. atom C kuartener
2. Dari rumus struktur senyawa berikut, tentukan atom mana yang berkedudukan sebagai atom C primer, atom C sekunder, atom C tersier, dan atom C kuartener serta hitunglah jumlah masing-masing atom C tersebut!
 a.

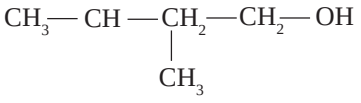


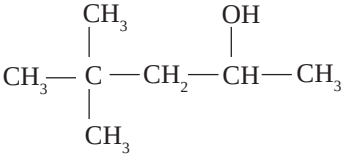
 b.

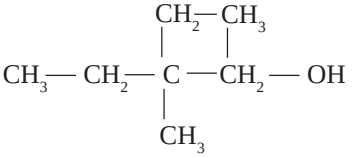


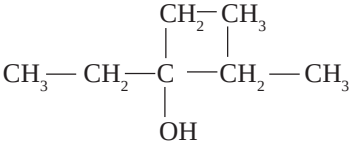
3. Di kelas X Anda mengenal adanya atom C kuartener, tetapi mengapa pada alkohol tidak dikenal senyawa alkohol kuartener?

4. Dari senyawa-senyawa alkohol di bawah ini, tentukan jenis alkoholnya!

a. 

b. 

c. 

d. 

c. Tata Nama Alkohol

Ada dua cara pemberian nama pada alkohol, yaitu:

1) Penamaan secara *trivial*, yaitu dimulai dengan menyebut nama gugus *alkil* yang terikat pada gugus –OH kemudian diikuti kata *alkohol*.

Contoh: $CH_3–CH_2–OH$ Etil alkohol
$CH_3–CH_2–CH_2–OH$ Propil alkohol

$\frac{R}{Alkil} \cdots \frac{OH}{Alkohol}$

2) Penamaan secara sistem IUPAC, yaitu dengan mengganti akhiran *a* pada alkana dengan akhiran *ol* (alkan*a* menjadi alkan*ol*)

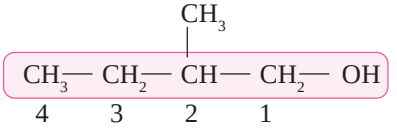
Contoh : $CH_3–CH_2–OH$ Etanol
$CH_3–CH_2–CH_2–OH$ Propanol

Bagaimana cara memberi nama senyawa alkanol yang mempunyai cabang gugus alkil? Perhatikan aturan penamaan alkanol berikut ini!

Urutan Penamaan Senyawa Alkohol menurut IUPAC

1) Menentukan rantai induk, yaitu rantai karbon terpanjang yang mengandung gugus – OH, selain itu atom karbon lain sebagai cabang.
2) Memberi nomor pada rantai induk yang dimulai dari salah satu ujung rantai, sehingga posisi gugus – OH mendapat nomor terkecil. (*Perhatikan tidak harus nomor satu*!!!)
3) Urutan penamaan:
 - nomor atom C yang mengikat cabang
 - nama cabang:
 - CH_3 metil
 - C_2H_5 etil
 - nama rantai induk (alkanol)

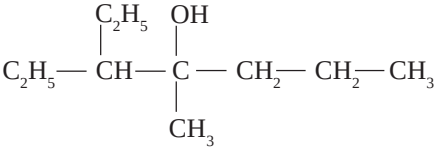
Contoh:



2 – metil – butanol

Catatan

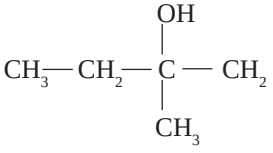
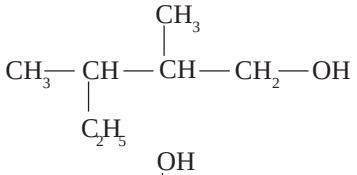
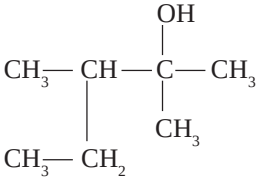
1. Penulisan nama cabang sesuai urutan abjad: *e*til mendahului *m*etil.
2. Apabila posisi gugus –OH ekivalen dari kedua ujung rantai induk, maka penomoran dimulai dari salah satu ujung sehingga cabang-cabang mendapat nomor terkecil.
 Contoh:



3–etil – 4 – metil – 4 – heptanol

Tugas Individu 4.2

Tuliskan nama senyawa alkohol berikut.

1. 
2. 
3. 

d. Keisomeran Alkohol

Alkohol mempunyai tiga macam keisomeran sebagai berikut.

1) Keisomeran Posisi

Keisomeran posisi, yaitu keisomeran yang terjadi karena perbedaan letak gugus –OH dalam molekul alkohol. Keisomeran posisi dalam alkohol mulai terdapat pada propanol yang mempunyai dua isomer, yaitu 1–propanol dan 2–propanol.

$CH_3– CH_3– CH_2– OH$ — 1–propanol

$CH_3– CH(OH) – CH_3$ — 2–propanol

Cara menentukan jumlah isomer posisi alkohol:

a) Membuat kemungkinan kerangka atom C.
b) Menentukan kemungkinan letak gugus –OH pada posisi yang berbeda pada setiap bentuk kerangka atom C.

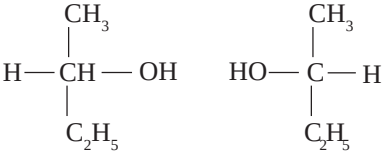
Tugas Individu 4.3

Tuliskan semua isomer posisi dari pentanol dan heksanol!

2) Keisomeran Optik

Keisomeran optik berkaitan dengan sifat optik, yaitu kemampuan suatu senyawa untuk dapat memutar bidang cahaya terpolarisasi. Keisomeran optik terjadi karena adanya atom C asimetrik, yaitu atom C yang terikat pada 4 gugus yang berbeda. Banyaknya isomer optik dapat dicari dengan rumus 2^n, dengan n = jumlah atom C asimetrik.

2–butanol mempunyai 1 atom C asimetrik, sehingga isomer optik 2–butanol adalah:



Tugas Individu 4.4

Tentukan semua isomer optik dari pentanol dan heksanol!

3) Keisomeran Fungsi

Keisomeran fungsi, yaitu keisomeran yang terjadi karena perbedaan gugus fungsi di antara dua senyawa yang mempunyai rumus molekul sama. Alkohol berisomer fungsi dengan eter (akan dipelajari pada pembahasan berikutnya).

e. Sifat – sifat Alkohol

1) Sifat Fisis

Perhatikan sifat-sifat fisis alkohol pada tabel 4.2 di bawah ini!

Tabel 4.2 Sifat-sifat Fisis Alkohol

No.	Nama	Rumus Struktur	Titik Didih	Kelarutan (g/100 g air)	M_r
1.	Metanol	$CH_3 - OH$	65 °C	larut baik	32
2.	Etanol	$CH_3 - CH_2 - OH$	78 °C	larut baik	46
3.	Propanol	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH$	98 °C	larut baik	60
4.	Butanol	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - OH$	118 °C	8,3	74
5.	Pentanol	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - OH$	138 °C	2,6	88

(Sumber: Tim Penulis Kimia, 2003: 116)

Pada tabel 4.2 di atas tampak bahwa alkanol mempunyai titik didih yang relatif tinggi. Semakin besar massa molekul relatif alkanol, maka titik cair dan titik didihnya juga semakin tinggi. Jadi kenaikan titik cair dan titik didih alkanol sebanding dengan kenaikan massa molekul relatifnya. Pada alkanol yang rumus molekulnya sama, alkanol bercabang mempunyai titik didih lebih rendah daripada alkanol rantai lurus.

Kelarutan alkanol dalam air berkurang seiring dengan bertambah panjangnya rantai karbon. Kelarutan alkanol berkaitan dengan gugus –OH yang bersifat polar, sementara gugus alkil (R) bersifat nonpolar. Jadi semakin besar gugus R semakin berkurang kepolaran, sehingga kelarutan dalam pelarut polar (seperti air) berkurang, sedangkan kelarutan dalam pelarut nonpolar bertambah.

2) Sifat Kimia

Gugus –OH pada alkanol termasuk gugus yang cukup reaktif, sehingga menyebabkan alkanol banyak terlibat dalam berbagai reaksi.

a) Reaksi dengan Logam Natrium

Alkohol dapat bereaksi dengan logam Na membentuk alkoksida dan gas hidrogen. Contoh reaksi etanol dengan logam natrium (gambar 4.2)

$$\underset{\text{etanol}}{C_2H_5 - OH} + Na \longrightarrow \underset{\text{Na-etoksida}}{C_2H_5ONa} + H_2$$

Reaksi ini dapat dipergunakan sebagai reaksi untuk pengenal alkohol.

b) Reaksi Oksidasi

Reaksi oksidasi alkohol menghasilkan hasil reaksi yang berbeda-beda, tergantung pada jenis alkoholnya. Reaksi oksidasi alkohol oleh zat oksidator sedang, seperti larutan $K_2Cr_2O_7$ dalam lingkungan asam dapat digunakan untuk mengidentifikasi alkohol primer, alkohol sekunder, dan alkohol tersier.

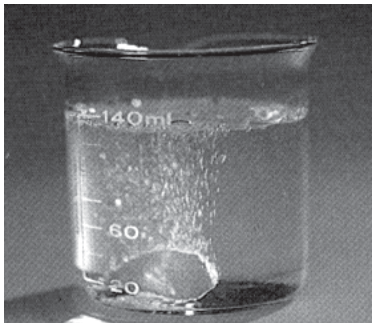
(1) Alkohol primer teroksidasi membentuk aldehid dan dapat teroksidasi lebih lanjut membentuk asam kar-boksilat. Contoh:

$$\underset{\text{etanol}}{CH_3 - CH_2 - OH} \qquad \underset{\text{etanal}}{CH_3-COH} + H_2O$$

$$\underset{\text{etanal}}{CH_3-COH} \qquad \underset{\text{asam etanoat}}{CH_3COOH}$$

(2) Alkohol sekunder teroksidasi membentuk keton.

(3) Alkohol tersier tidak teroksidasi.



Gambar 4.2 Reaksi antara logam Na dengan etanol (Sumber: *Chemistry and Chemical Reactivity*, Kotz and Purcell 1978, CBS College Publishing New York)

c) Reaksi dengan Hidrogen Halida

Jika alkohol direaksikan dengan hidrogen halida akan terbentuk haloalkana dan air dengan reaksi:

$R - OH + HX \rightarrow R - X + H_2O$

Contoh:

$CH_3 - OH + HCl \rightarrow CH_3 - Cl + H_2O$

d) Reaksi Esterifikasi

Alkohol dengan asam karboksilat dapat menghasilkan ester.

$R - OH + R - COOH \rightarrow R - COOR' + H_2O$

alkohol asam karboksilat ester

Contoh:

$C_2H_5OH + CH_3COOH \rightarrow CH_3 - COOC_2H_5 + H_2O$

etanol asam asetat etil asetat

e) Reaksi Dehidrasi Alkohol

Alkohol jika dipanaskan dengan asam kuat, maka akan terjadi alkena dan air.

Contoh:

$CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH \xrightarrow[170\ ^\circ C]{H_2SO_4} CH_2 - CH = CH_2 + H_2O$

n – propanol 1 – propena

Catatan

Menurut aturan *Saytzeff*, pada reaksi dehidrasi alkohol primer, atom H dan gugus OH yang terlepas berasal dari atom-atom C yang berdekatan. Sedangkan pada reaksi dehidrasi alkohol sekunder, atom H yang terlepas berasal dari atom C yang terikat pada rantai C terpanjang.

f. Pembuatan Beberapa Senyawa Alkohol

1) Metanol

Metanol dibuat dari campuran gas karbon monoksida dengan hidrogen menggunakan katalis ZnO atau Cr_2O_3 pada suhu 350 °C.

Reaksi: $CO + 2\ H_2 \rightarrow CH_3OH$

Metanol bersifat racun dan dapat mematikan jika ditelan. Kebutaan dapat pula terjadi jika karena kontak dengan kulit atau penghirupan uapnya terlalu lama. Kebutaan orang yang mencerna metanol disebabkan oleh terbentuknya formaldehida (H_2CO) atau asam format (HCO_2H) yang merusakkan sel-sel retina. Jika formaldehida adalah penyebabnya, maka diduga zat ini menghambat pembentukan ATP (*adenosine trifosfat*) yang diperlukan agar sel retina berfungsi. Jika asam format penyebabnya, maka diduga asam ini menonaktifkan enzim yang mengandung besi yang bertanggung jawab mengangkut oksigen ke retina.

Suatu kondisi menyertai pembentukan asam format, yakni *asidosis* di mana pH darah dan jaringan darah menurun. Metanol digunakan sebagai pelarut resin dan getah. Sebagian metanol diubah menjadi formaldehida untuk bahan pembuat plastik.

2) Etanol

Etanol adalah senyawa alkohol yang dapat diminum pada persentase tertentu. Misalnya, bir mengandung + 7% volume etanol, wiski, brendi, arak mengandung + 40% volume etanol, dan anggur mengandung + 12 volume etanol.

Etanol tidak beracun, tetapi bersifat memabukkan dan menyebabkan kantuk karena menekan aktivitas otak atas. Etanol juga bersifat candu. Orang yang sering minum alkohol dapat menjadi ketagihan dan sukar baginya untuk meninggalkan alkohol itu.

Alkohol yang terdapat dalam minuman beralkohol itu sama dengan yang terdapat dalam alkohol teknis, seperti spiritus. Oleh karena itu, alkohol teknis diracuni (didenaturasi) sehingga tidak dapat diminum lagi. Minuman beralkohol dikenakan cukai yang tinggi, harganya jauh lebih mahal daripada alkohol teknis. Hal ini antara lain dimaksudkan supaya orang tidak terlalu mudah memperolehnya.

Etanol dapat dihasilkan dari proses fermentasi pada kar-bohidrat dengan bantuan ragi. Misalnya, dalam kehidupan sehari-hari kita sering membuat tape ketan, yang bahan-bahannya adalah beras ketan yang dimasak kemudian diberi enzim (ragi) secukupnya dan dibiarkan beberapa hari. Etanol yang terbentuk lalu dipisahkan dengan distilasi.

Reaksi yang terjadi:

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow[\text{asam}]{} 2\ C_2H_5OH + 3\ CO_2$$

Dalam industri, etanol dibuat dengan cara hidrasi alkena dengan katalis asam. Reaksi:

$$CH_2 = CH_2 + H_2O \rightarrow C_2H_5OH$$

g. Kegunaan Alkohol

Dalam kehidupan sehari-hari alkohol banyak digunakan, antara lain sebagai berikut.

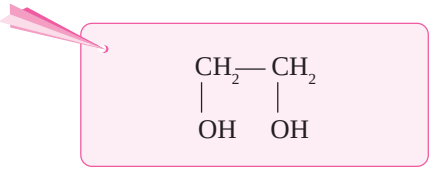
1) Dalam bidang farmasi (obat-obatan), sebagai pelarut senyawa organik, misalnya etanol dan butanol.
2) Dalam bidang biologi atau industri digunakan sebagai disinfektan, misalnya etanol dan metanol.
3) Sebagai bahan bakar, misalnya spiritus (campuran antara metanol dan etanol).

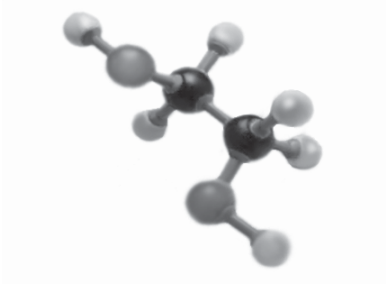
h. Polialkohol

Selain senyawa monoalkohol, ada beberapa alkohol yang mengandung gugus –OH lebih dari satu dan disebut senyawa *polialkohol.* Contoh: etilen glikol (1,2–etanadiol), gliserol (1,2,3–propanatriol).

1) Etilen Glikol

Etilen glikol mempunyai nama IUPAC 1,2-etanadiol dengan rumus struktur:





[O]H2O

Gambar 4.3 Rumus Struktur Etilen Glikol (Sumber: *Chemistry and Chemical Reactivity*, Kotz and Purcell 1978, CBS College Publishing New York)

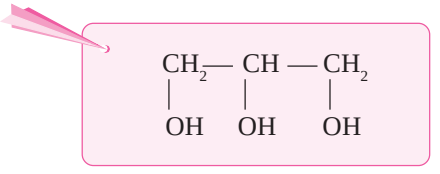
Etilen glikol berwujud cair agak kental, rasanya manis, dan bersifat racun. Etilen glikol dibuat dengan mengoksidasi etena dengan oksigen atau oksidator kuat lain, dilanjutkan dengan proses hidrolisis. Reaksi pembuatan etilen glikol dilakukan pada suhu 250 °C dengan menggunakan katalisator serbuk Ag.

Reaksi: $CH_2 = CH_2$ (Etena) $\longrightarrow$ $CH_2OH - CH_2OH$ (Etilen glikol)

Etilen glikol digunakan sebagai pelarut, bahan pelembut, bahan baku pembuatan serat, dan sebagai zat antibeku pada radiator mobil.

2) Gliserol

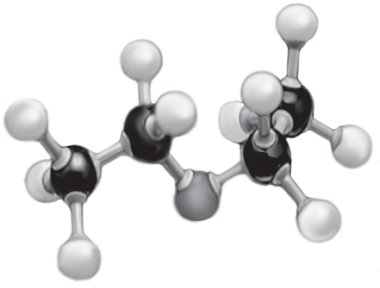
Gliserol mempunyai sifat yang mirip dengan glikol, yaitu zat cair yang mudah larut dalam air, rasanya manis, wujud-nya agak kental, bersifat higroskopis. Gliserol diperoleh pada reaksi pembuatan sabun. Nama IUPAC gliserol adalah 1,2,3–propanatriol dengan rumus struktur:



Gliserol digunakan sebagai bahan pemanis untuk penderita diabetes. Selain itu juga digunakan untuk membuat bahan peledak nitrogliserin, bahan baku pembuatan plastik, pelembap pada tembakau, dan bahan kosmetik.

Latihan 4.2

1. Tuliskan kemungkinan rumus struktur yang merupakan isomer posisi dari pentanol!
2. Apa nama senyawa hasil dehidrasi 2–butanol dengan H_2SO_4 pekat pada 180 °C?
3. Reaksi apakah yang digunakan untuk membedakan senyawa 1–propanol dengan 2–propanol? Tuliskan reaksinya!
4. Tuliskan reaksi dan sebutkan nama senyawa yang dihasilkan:
 a. 2–butanol + $KMnO_4$ + H_2SO_4
 b. propanol + $K_2Cr_2O_7$ (H_2SO_4 berlebih)
 c. etanol + asam butirat
 d. 2–propanol + logam Na
 e. etanol + H_2SO_4 pekat 140 °C



Gambar 4.4 Rumus Struktur Dietil eter (Sumber: *Chemistry and Chemical Reactivity*, Kotz and Purcell 1978, CBS College Publishing New York)

2. Eter

a. Rumus Umum

Eter atau alkoksi alkana merupakan turunan alkana yang mempunyai struktur berbeda dengan alkohol. Eter mempunyai rumus umum R–O–R′. Dengan gugus fungsi –O– yang terikat pada dua gugus alkil. Gugus alkil yang terikat dapat sama dan dapat berbeda. Beberapa contoh senyawa eter seperti pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Beberapa Senyawa Eter

No.	R	Gugus Fungsi	R′	Rumus Struktur
1.	$-CH_3$	–O–	CH_3	CH_3–O–CH_3
2.	$-C_2H_5$	–O–	C_2H_5	C_2H_5–O–C_2H_5
3.	$-CH_3$	–O–	C_2H_5	CH_3–O–C_2H_5
4.	$-C_2H_5$	–O–	C_3H_7	C_2H_5–O–C_3H_7

b. Tata Nama

Ada dua cara pemberian nama eter, yaitu:

1) Penamaan secara trivial dimulai dengan menyebut nama *alkil* yang terikat pada gugus –O– kemudian diikuti oleh kata *eter*.
2) Penamaan berdasarkan IUPAC, yaitu dengan mengganti akhiran *ana* pada alkana asal dengan akhiran *oksi*.

Contoh pemberian nama pada eter seperti pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Contoh Pemberian Nama pada Eter

No.	Rumus Struktur	Tata Nama	
		IUPAC	Trivial
1.	CH_3–O–CH_3	Metoksi metana	Metil–metil eter atau Dimetil eter
2.	C_2H_5–O–C_2H_5	Etoksi etana	Etil–etil eter atau Dietil eter (gambar 4.4)
3.	CH_3–O–C_2H_5	Metoksi etana	Etil–metil eter

Tugas Individu 4.5

1. Tuliskan nama senyawa eter berikut ini.
 a. $(CH_3)_2CHCH_2–O–CH_2–CH(CH_3)_2$
 b. $CH_3–O–CH(CH_3)$
 c. $CH_3CH_2CH_2CH_2(OCH_3)CH_2CH_2CH_3$
2. Tuliskan rumus struktur dari:
 a. diisopropil eter
 b. 2–metoksi pentana
 c. n–butil–metil eter

c. Keisomeran

Alkohol dengan rumus umum R–OH dan eter dengan rumus umum R–O–R′ mempunyai keisomeran fungsi.

Contoh:

$C_3H_7–OH$	dengan	$CH_3–O–C_2H_5$
1–propanol		metoksi etana
(propil alkohol)		(etil–metil eter)

Kedua senyawa tersebut mempunyai rumus molekul sama, yaitu C_3H_8O sedangkan gugus fungsinya berbeda. Jadi, alkohol dan eter mempunyai keisomeran fungsi.

→

Tugas Individu 4.6

Tuliskan semua senyawa isomer dari $C_5H_{12}O$ dan berikan nama senyawanya!

d. Sifat-sifat
 1) Eter mudah menguap, mudah terbakar, dan beracun.
 2) Bereaksi dengan HBr atau HI.
 3) Eter tidak membentuk ikatan hidrogen di antara molekul-molekulnya, sehingga titik didihnya lebih rendah jika dibandingkan dengan titik didih alkohol yang massa molekul relatifnya sama. Titik didih eter sebanding dengan titik didih alkana.

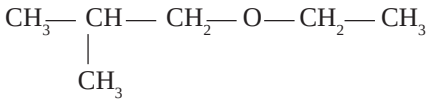
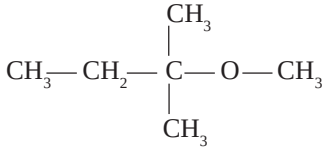
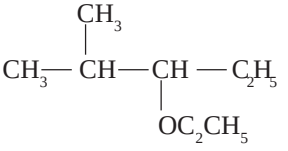
e. Pembuatan

Eter dapat dibuat dengan jalan mereaksikan alkohol primer dengan asam sulfat pada suhu 140 °C.

$$2\ CH_3–CH_2–OH \rightarrow CH_3–CH_2–O–CH_2–CH_3 + H_2O$$

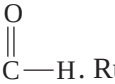
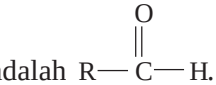
f. Kegunaan
 1) Eter dalam laboratorium digunakan sebagai pelarut yang baik untuk senyawa kovalen dan sedikit larut dalam air.
 2) Dalam bidang kesehatan, eter banyak dgunakan untuk obat pembius atau *anestetik.*

Latihan 4.3

1. Tuliskan semua isomer $C_6H_{14}O$ yang merupakan eter beserta namanya masing-masing!
2. Berikan nama senyawa-senyawa berikut.
 a. 
 b. 
 c. 
3. Tuliskan persamaan reaksi antara etoksi etana dengan HBr!
4. Senyawa X dengan rumus molekul $C_5H_{12}O$ mempunyai sifat sebagai berikut.
 a. Tidak bereaksi dengan logam natrium.
 b. Bereaksi dengan asam iodida, antara lain membentuk isopropil iodida.
 Berdasarkan data tersebut,
 a. tentukan rumus struktur senyawa X tersebut
 b. tuliskan reaksi senyawa X dengan asam iodida
5. Suatu senyawa Y dengan rumus molekul $C_4H_{10}O$ tidak bereaksi dengan logam natrium, tetapi jika direaksikan dengan HI akan menghasilkan 2–propanol.
 a. Bagaimana rumus struktur senyawa Y tersebut?
 b. Tuliskan persamaan reaksi antara senyawa tersebut dengan HI!

C. Aldehid dan Keton

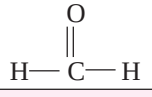
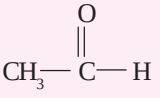
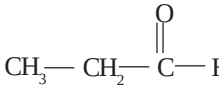
1. Aldehid (Alkanal)

Aldehid atau alkanal adalah senyawa turunan alkana dengan gugus fungsi . Rumus struktur aldehid adalah .

a. Rumus Umum

Perhatikan rumus struktur beberapa aldehid pada tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Rumus Struktur Beberapa Aldehid

No.	Nama	Rumus Struktur	Rumus Molekul	C : H : O
1.	Metanal		CH_2O	1 : 2 : 1
2.	Etanal		C_2H_4O	2 : 4 : 1
3.	Propanal		C_3H_6O	3 : 6 : 1

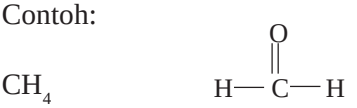
Dari contoh-contoh di atas, maka dapat disimpulkan rumus umum aldehid atau alkanal adalah $C_nH_{2n}O$.

b. Tata Nama

1) Nama IUPAC

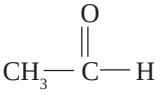
Nama aldehid sebagai turunan dari alkana diturunkan dari nama *alkana* dengan mengganti akhiran *a* dengan *al.*

Contoh:



CH_4 Metana

Metanal

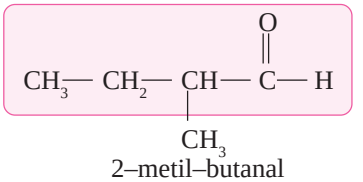


CH_3CH_3 Etana

Etanal

Tata nama senyawa aldehid dengan rantai cabang sama seperti tata nama alkohol, tetapi posisi gugus fungsi –CHO tidak perlu dinyatakan karena selalu menjadi atom karbon nomor satu.

Contoh:

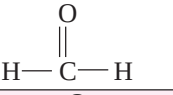
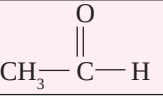
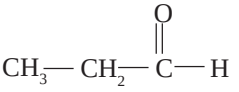
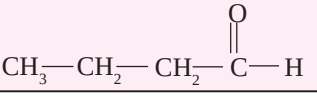


2–metil–butanal

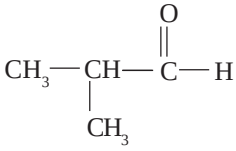
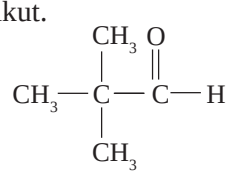
2) Nama Lazim (Trivial)

Contoh penamaan aldehid secara trivial seperti pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Nama Lazim (Trivial) Aldehid

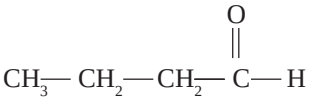
No.	Rumus Struktur	Nama Lazim (Trivial)
1.		Formaldehida
2.		Asetaldehida
3.		Propionaldehida
4.		Butiraldehida

Tugas Individu 4.7

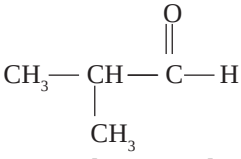
1. Tuliskan rumus struktur dari senyawa berikut.
 a. 3,3–dimetil–butanal
 b. 3–etil–4–metil–pentanal
2. Tuliskan nama senyawa dari rumus struktur berikut.
 a. 
 b. 

c. Keisomeran Aldehid

Keisomeran alkanal mulai terdapat pada butanal yang mempunyai dua isomer, yaitu butanal dan 2–metil–propanal (isobutanal).



Butanal



2–metil–propanal

Tugas Individu 4.8

Tuliskan semua isomer aldehid dari rumus molekul $C_5H_{10}O$ dan tuliskan nama masing-masing senyawanya!

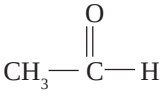
d. Pembuatan Aldehid

Aldehid dapat dibuat dengan dua cara, yaitu:

1) Oksidasi alkohol primer

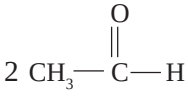
Contoh:

Asetaldehida (etanal) dibuat dari etanol dengan reaksi berikut.

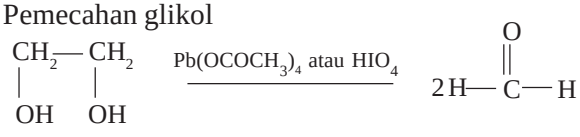
$CH_3–CH_2–OH$ 

2) Ozonalisa alkena

Asetaldehid (etanal) dibuat dari 2–butena dengan reaksi berikut.

$CH_3–CH_2 = CH_2CH_3$ Ozonida 

3) Pemecahan glikol



e. Reaksi-reaksi Aldehid

1) Oksidasi

Aldehid dapat teroksidasi oleh zat-zat oksidator lemah menghasilkan asam karboksilat. Reaksi oksidasi ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa aldehid.



Zat-zat oksidator lemah yang sering digunakan untuk mengidentifikasi senyawa aldehid, antara lain:

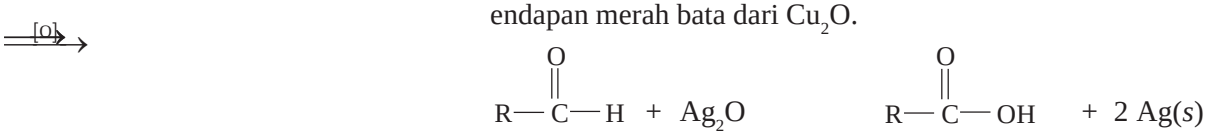
a) Pereaksi Tollens

Aldehid dapat mereduksi pereaksi Tollens (Ag_2O) menghasilkan cermin perak, yaitu endapan perak membentuk cermin pada dinding tabung reaksi. Reaksi ini sering dikenal dengan sebutan *reaksi cermin perak*.



b) Pereaksi Fehling

Aldehid dapat mereduksi larutan Fehling (CuO) menghasilkan endapan merah bata dari Cu_2O.



2) Adisi Hidrogen

Karena gugus aldehid mempunyai ikatan rangkap (–C=O), maka dapat diadisi gas hidrogen membentuk suatu alkohol.



aldehid — alkohol primer

f. Kegunaan Aldehid

Aldehid mempunyai kegunaan dalam kehidupan sehari-hari, antara lain:

1) Untuk membuat formalin, yaitu larutan 40% formaldehida dalam air. Formalin digunakan untuk mengawetkan contoh biologi dan juga mengawetkan mayat.
2) Untuk membuat berbagai jenis plastik termoset (plastik yang tidak meleleh pada pemanasan).

Latihan 4.4

1. Tuliskan sebanyak-banyaknya isomer aldehid yang rumus molekulnya $C_6H_{12}O$ dan tuliskan nama masing-masing senyawa isomer tersebut!
2. Tuliskan persamaan reaksi pada:
 a. pembuatan asetaldehida dari etanol
 b. asetaldehida + pereaksi Tollens
 c. formaldehida + pereaksi Fehling
 d. butanal dioksidasi
3. Formalin sering disalahgunakan oleh orang yang tidak bertanggung jawab untuk bahan pengawet makanan, padahal efek negatifnya sangat berbahaya bagi kesehatan. Sebutkan efek negatif formalin bagi tubuh kita jika digunakan untuk bahan pengawet makanan yang kita konsumsi!

2. Keton

a. Rumus Umum

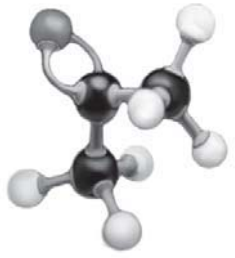
Keton memiliki rumus umum yang mirip dengan aldehid, hanya dengan mengganti satu atom H yang terikat pada gugus karbonil dengan gugus alkil. Rumus umum keton $C_nH_{2n}O$.
Perhatikan beberapa senyawa keton berikut.

Tabel 4.7 Beberapa Senyawa Keton

No	Rumus	R	Gugus Fungsi	R′
1.	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|\|}}{C}-CH_3$	$-CH_3$	$-\overset{\overset{O}{\|\|}}{C}-$	$-CH_3$
2.	$C_2H_5-\overset{\overset{O}{\|\|}}{C}-CH_3$	$-C_2H_5$	$-\overset{\overset{O}{\|\|}}{C}-$	$-CH_3$
3.	$C_2H_5-\overset{\overset{O}{\|\|}}{C}-C_2H_5$	$-C_2H_5$	$-\overset{\overset{O}{\|\|}}{C}-$	$-C_2H_5$

Dari tabel 4.7 tersebut terlihat bahwa gugus karbonil (–CO–) mengikat dua gugus alkil (R) yang sama atau tidak sama, sehingga senyawa keton mempunyai rumus struktur:

$$R-\overset{\overset{O}{\|\|}}{C}-R'$$



Gambar 4.5 Rumus struktur aseton atau dimetil keton (Sumber: *Chemistry and Chemical Reactivity*, Kotz and Purcell 1978, CBS College Publishing New York)

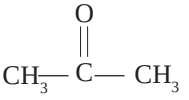
b. Tata Nama

Ada dua cara pemberian nama alkanon (keton), yaitu cara trivial dan sistem IUPAC.

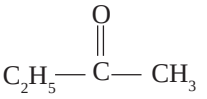
1) Cara Trivial

Menyebut dulu gugus alkil yang terikat pada atom C gugus karbonil kemudian diikuti kata keton. Penyebutan gugus alkil mengikuti urutan abjad.

Contoh:



dimetil keton (gambar 4.5)



etil–metil keton

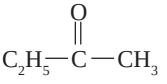
2) Sistem IUPAC

a) Menentukan rantai induk, yaitu rantai atom C terpanjang yang mengandung gugus karbonil ()

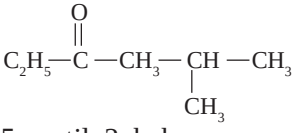
b) Memberi nomor dari salah satu ujung sehingga atom C pada gugus karbonil mendapat nomor terkecil.

c) Urutan penamaan:
- Nomor cabang
- Nama cabang
- Nomor atom C gugus karbonil
- Nama rantai induk (alkanon)

Contoh:



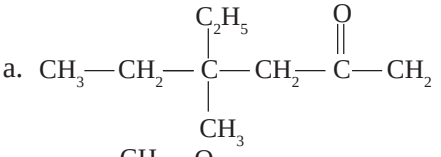
2–butanon

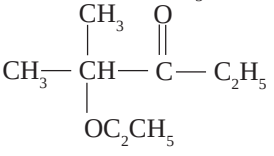


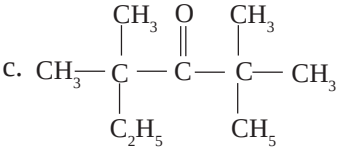
5–metil–2–heksanon

Tugas Individu 4.9

1. Tuliskan nama senyawa berikut ini.

a. 

b. 

c. 

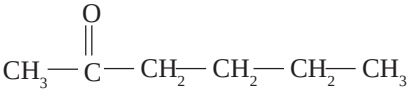
2. Tuliskan rumus struktur senyawa berikut.
 a. 2–metil–2–pentanon
 b. 3,3–dimetil–2–butanon

c. Keisomeran

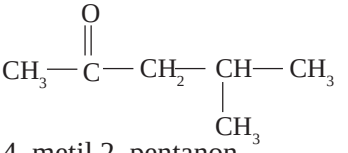
Keton dapat memiliki isomer kerangka, posisi, maupun fungsi.

1) Isomer kerangka

Molekul $C_6H_{12}O$ dapat berbentuk:



atau

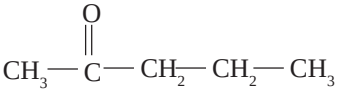


2–heksanon

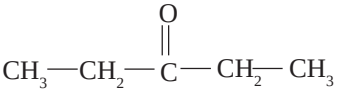
4–metil 2–pentanon

2) Isomer posisi

Molekul $C_5H_{10}O$ dapat berbentuk:



atau

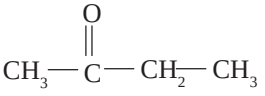


2–pentanon

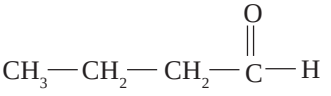
3–pentanon

3) Isomer fungsi

Molekul C_4H_8O dapat berbentuk:



dan



2–butanon

butanal

d. Sifat-sifat

1) Sifat Kimia

Walaupun keton berisomer fungsi dengan aldehid, keton mempunyai sifat kimia yang berbeda dengan aldehid, seperti terlihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Perbedaan Sifat Kimia Keton dan Aldehida

No.	Reaksi	Keton	Aldehida
1.	Oksidasi	Tidak teroksidasi	Mudah teroksidasi
2.	Reduksi	Menghasilkan alkohol sekunder	Menghasilkan alkohol primer
3.	Reagen Tollens	Tidak bereaksi	Bereaksi menghasilkan cermin perak
4.	Reagen Fehling	Tidak bereaksi	Bereaksi menghasilkan endapan merah bata

2) Sifat Fisis

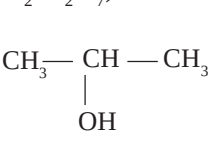
a) Keton termasuk senyawa polar dan larut dalam air.

b) Mempunyai titik didih yang lebih tinggi dibandingkan dengan senyawa hidrokarbon lain yang memiliki massa molekul relatif hampir sama.

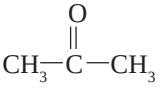
e. Pembuatan

Senyawa keton dapat dibuat dengan beberapa cara, yaitu:

1) Oksidasi alkohol sekunder dengan suatu oksidator (misal larutan $K_2Cr_2O_7$).



2 – propanol

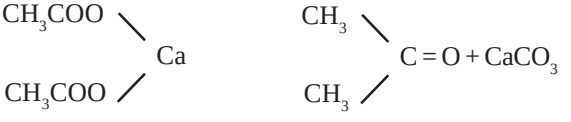


2 – propanon

2) Oksidasi Oppenauer, yaitu dengan cara penggodokkan alkohol sekunder dengan aluminium–t–butoksida dan aseton yang berlebihan menghasilkan dehidrogenasi alkohol (Fieser dan Fieser, 1964: 177).



3) Pirolisis dari garam logam. Jika kalsium asetat dipanaskan dengan kuat akan mengalami penguraian menjadi aseton dan kalsium karbonat.



f. Kegunaan

Keton yang paling banyak digunakan adalah propanon atau sering dikenal dengan nama aseton. Beberapa kegunaan aseton, antara lain:

1) Sebagai pelarut untuk lilin, plastik, dan sirlak.
2) Pelarut untuk selulosa dalam produksi rayon.
3) Sebagai bahan pengering alat-alat laboratorium.
4) Untuk menghilangkan atau melarutkan cat warna kuku (kuteks).

Latihan 4.5

1. Tuliskan sebanyak-banyaknya isomer keton yang rumus molekulnya $C_6H_{12}O$ dan berikan nama masing-masing senyawanya!
2. Tuliskan persamaan reaksi pada:
 a. pembuatan aseton dari 2–propanol
 b. reduksi aseton dengan gas hidrogen
3. Tuliskan beberapa kegunaan dari senyawa keton!
4. Suatu senyawa karbon dengan rumus molekul $C_3H_6O_2$ jika direaksikan dengan gas H_2 menghasilkan alkohol sekunder. Sedangkan dengan pereaksi Fehling tidak memberikan endapan merah bata.
 Tentukan:
 a. rumus struktur dan nama senyawa karbon tersebut
 b. nama senyawa yang merupakan isomer fungsi dari senyawa karbon tersebut

D. Asam Karboksilat dan Ester

1. Asam Karboksilat

Asam karboksilat merupakan senyawa asam dengan gugus fungsi karboksil ($-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$) Gugus fungsi karboksil merupakan gabungan dari gugus karbonil ($-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$) dengan gugus hidroksil (–OH). Golongan senyawa ini paling awal diselidiki oleh para ilmuwan kimia karena banyak terdapat di alam. Beberapa asam karboksilat biasa yang penting tercantum pada tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9 Beberapa Asam Karboksilat Biasa yang Penting

Asam Karboksilat	Sumber atau Penggunaan
Asam laktat	Dalam susu dan susu masam
Asam oksalat	Dalam bayam dan kelembak
Asam tartrat	Dalam sari anggur sebagai garam monokalium
Asam salisilat	Untuk membuat aspirin dan minyak gandapura
Asam tereftalat	Untuk membuat serat poliester, film, dan benda-benda cetakan
Asam sitrat	Dalam jeruk dan beri

(Sumber: Keenan, dkk, 1999: 395)

Asam karboksilat merupakan senyawa turunan alkana, sehingga cara penamaannya menjadi asam alkanoat.

a. Rumus Umum

Perhatikan rumus struktur beberapa senyawa asam karboksilat pada tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Beberapa Rumus Struktur Senyawa Asam Karboksilat

No.	Nama Asam	Rumus Struktur	Rumus Molekul
1.	Asam metanoat	$H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$	CH_2O_2
2.	Asam etanoat	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$	$C_2H_4O_2$
3.	Asam propanoat	$CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$	$C_3H_6O_2$

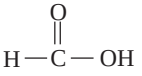
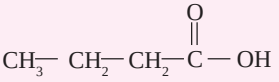
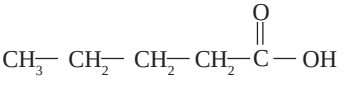
Berdasarkan tabel 4.10 terlihat jelas bahwa perbandingan atom C : H selalu 1 : 2, maka rumus umum asam karboksilat (asam alkanoat) adalah $C_nH_{2n}O_2$.

b. Tata Nama

Ada dua cara pemberian nama pada asam karboksilat, yaitu:

1) Tata nama trivial. Nama trivial asam karboksilat biasanya didasarkan pada nama sumbernya, bukan berdasarkan strukturnya. Hal ini karena banyaknya asam karboksilat yang telah dikenal orang sejak lama, seperti terlihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Contoh Penamaan Asam Karboksilat

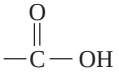
Rumus Struktur	Nama Trivial	Sumber/Asal Mula
	Asam formiat atau asam semut	Ditemukan pada semut *Formica rufa*
	Asam butirat	Butirat terdapat dalam mentega (*butter)*
	Asam valerat	Ditemukan pada akar tanaman *valere*

2) Menurut sistem IUPAC. Nama asam alkanoat diturunkan dari nama alkana yang sesuai dengan mengganti akhiran *a* menjadi *oat* dan diawali kata *asam*.

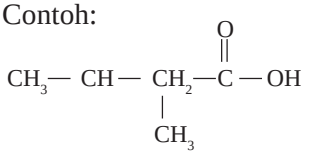
Contoh: Metana ⟶ Asam Metanoat
Etana Asam Etanoat
Propana Asam Propanoat

Cara penamaam asam alkanoat adalah:

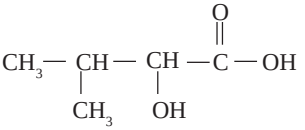
a) Menentukan rantai induk, yaitu rantai C terpanjang yang mengandung gugus karboksil ().

b) Penomoran dimulai dari atom C gugus fungsi (atom C gugus  selalu menjadi nomor 1 sehingga posisi gugus karboksil tidak perlu dinyatakan).

c) Urutan penamaan:
Asam(nomor cabang)-(nama cabang)(alkanoat)
Contoh:



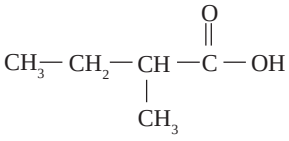
Asam 3–metil butanoat

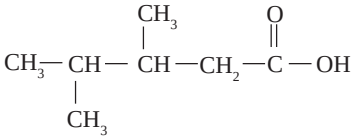


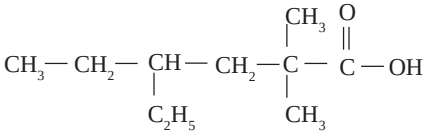
Asam 2–hidroksi–3–metil butanoat

Latihan 4.6

Tuliskan nama senyawa asam karboksilat berikut.

1. 

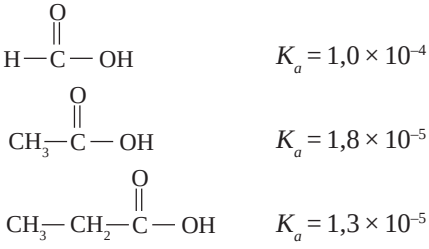
2. 

3. 

c. Sifat-sifat

Beberapa sifat asam karboksilat adalah:

1) Asam karboksilat merupakan asam lemah. Makin pendek rantai karbon, kekuatan asam makin bertambah.

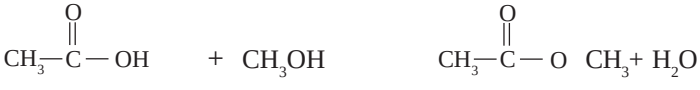


2) Asam karboksilat dapat bereaksi dengan basa menghasilkan garam. Reaksi ini disebut penetralan.



Asam asetat Natrium asetat

3) Asam karboksilat dapat bereaksi dengan alkohol menghasilkan ester. Reaksi ini dikenal dengan nama reaksi esterifikasi.



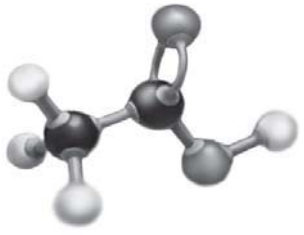
Asam asetat Metil asetat

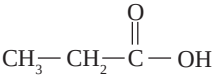
4) Dapat membentuk ikatan hidrogen dengan air sehingga pada umumnya mempunyai titik didih tinggi.
5) Mulai dari C_1 sampai dengan C_4 mudah larut dalam air. Makin panjang rantai C-nya makin sukar larut dalam air.
6) Adanya cabang akan mempengaruhi derajat keasaman. Cabang alkil akan mengurangi keasaman, sedangkan jika cabangnya atom-atom halogen akan menambah keasaman.

d. Pembuatan

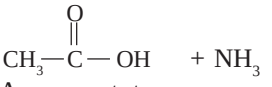
Asam karboksilat dapat dibuat dengan beberapa cara, yaitu:

1) Oksidasi alkohol primer atau aldehida dengan suatu oksidator

$CH_3–CH_2–CH_2–OH \xrightarrow{KMnO_4}$ 



2) Hidrolisis senyawa alkana nitril pada suhu tinggi dan asam kuat



Metil sianida — Asam asetat

e. Kegunaan

Asam karboksilat banyak dipergunakan dalam kehidupan sehari-hari, di antaranya adalah:

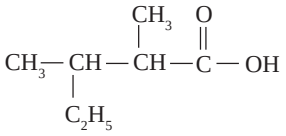
1) Asam formiat (asam semut) banyak digunakan dalam industri tekstil, penyamakan kulit, dan di perkebunan karet untuk menggumpalkan lateks (getah pohon karet).
2) Asam asetat (asam cuka) sebagai pemberi rasa asam dan sebagai pengawet makanan.
3) Sebagai bahan pembuatan ester dengan cara mereaksikannya dengan alkohol.
4) Asam karboksilat suku tinggi dipergunakan untuk pembuatan sabun jika direaksikan dengan basa, misalnya asam stearat, asam palmitat, dan lain-lain.

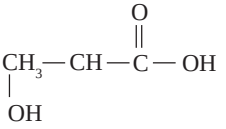
Gambar 4.6 Rumus Struktur Asam Asetat (Sumber: *Chemistry and Chemical Reactivity*, Kotz and Purcell 1978, CBS College Publishing New York)

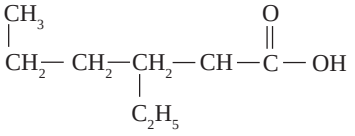
Latihan 4.7

1. Tuliskan semua isomer asam karboksilat dari $C_4H_8O_2$ beserta namanya masing-masing!
2. Suatu asam karboksilat mengandung 40% karbon dan 6,6% hidrogen (A_r C = 12, H = 1, O = 16). Tentukan rumus struktur serta nama asam karboksilat tersebut!
3. Selesaikan reaksi berikut, dan sebutkan jenis reaksi dari:
 a. asam butanoat + kalium hidroksida
 b. asam propanoat + metanol

4. Tuliskan nama senyawa asam karboksilat berikut.

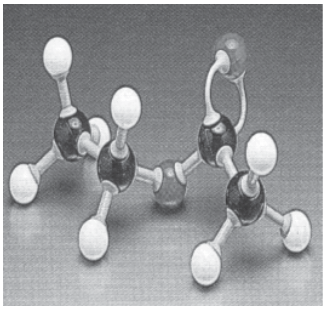
a. 

c. 

b. 

5. Sebutkan beberapa kegunaan dari masing-masing senyawa berikut.
 a. Asam formiat
 b. Asam asetat
 c. Asam salisilat

2. Ester



Gambar 4.7 Rumus Struktur Etil Asetat (Sumber: *Chemistry and Chemical Reactivity*, Kotz and Purcell 1978, CBS College Publishing New York)

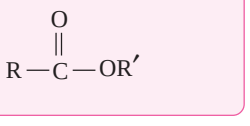
Dalam kehidupan sehari-hari kita sering mengkonsumsi berbagai macam minuman rasa buah yang mungkin kebanyakan tidak benar-benar berasal dari buah asli tetapi hanya dicampuri *essens* (aroma buah). Essens terbuat dari senyawa ester yang aromanya bermacam-macam tergantung ester penyusunnya. Beberapa ester dan aroma karakteristiknya sebagaimana tercantum pada tabel 4.12 di bawah ini.

Tabel 4.12 Beberapa Ester dan Aromanya

Ester	Aroma Karakteristik
Etil formiat	Rum
n–pentil asetat	Pisang
Isopentil asetat	Buah pir
n–oktil asetat	Jeruk manis
Metil butirat	Apel
Etil butirat	Nanas
n–propil butirat	Apricot

(Sumber: Keenan, dkk, 1999:394)

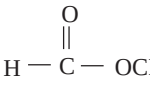
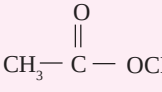
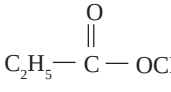
Ester atau alkil alkanoat merupakan senyawa karbon turunan asam karboksilat. Ester mempunyai rumus struktur:



a. Rumus Umum

Perhatikan beberapa rumus struktur senyawa ester pada tabel 4.13 berikut.

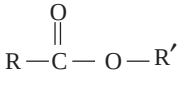
Tabel 4.13 Rumus Struktur Senyawa Ester

No.	Nama	Rumus Struktur	Rumus Molekul
1.	Metil metanoat		$C_2H_4O_2$
2.	Metil etanoat		$C_3H_6O_2$
3.	Metil propanoat		$C_4H_8O_2$

Dari tabel 4.13 dapat disimpulkan bahwa rumus umum ester adalah $C_nH_{2n}O_2$.

b. Tata Nama

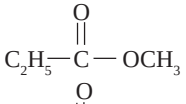
Ester mempunyai nama IUPAC alkil alkanoat. Tata nama ester hampir sama dengan tata nama asam karboksilat, tetapi nama *asam* diganti dengan nama *alkil* dari R′ karena atom H dari gugus –OH diganti dengan gugus alkil.



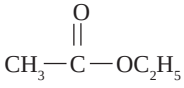
Alkil alkanoat

Alkanoat Alkil

Contoh:



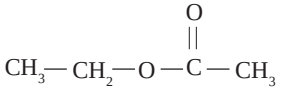
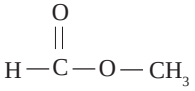
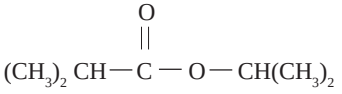
Metil propanoat



Etil etanoat

Tugas Individu

Tuliskan nama senyawa ester di bawah ini.

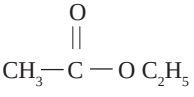
1. 
2. 
3. 

c. Isomeri

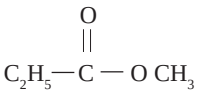
Ester memiliki dua macam isomeri, yaitu:

1) Isomer Struktur

Isomer struktur pada ester dimulai pada ester dengan jumlah atom karbon tiga.



Etil metanoat



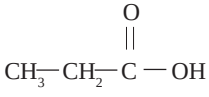
Metil etanoat

2) Isomer Fungsi

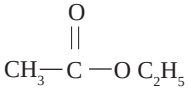
Ester dan asam karboksilat merupakan isomer fungsi karena keduanya memiliki rumus molekul yang sama, yaitu $C_nH_{2n}O_2$.

Contoh:

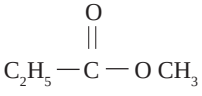
Isomer dari $C_3H_6O_2$ adalah:



Asam propanoat



Etil metanoat

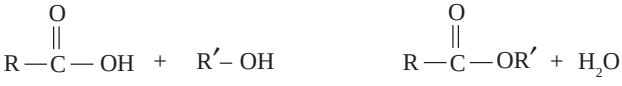


Metil etanoat

d. Pembuatan

Ester dapat dibuat dengan beberapa cara, yaitu:

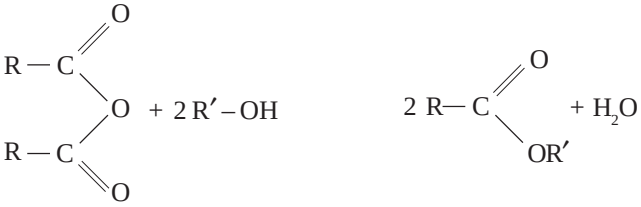
1) Mereaksikan asam karboksilat dengan alkohol dalam suanana asam (dalam asam sulfat pekat).



2) Mereaksikan perak karboksilat dengan alkil halida.



3) Mereaksikan anhidrida asam alkanoat dengan alkohol.



Anhidrida asam alkanoat

Ester

4) Mereaksikan halogen asam alkanoat dengan alkohol.



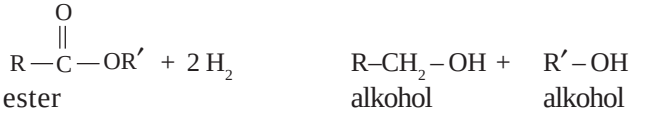
e. Sifat-sifat

Beberapa sifat ester adalah:

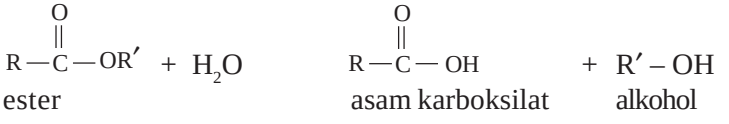
1) Ester mudah menguap dibandingkan dengan asam atau alkohol pembentuknya.
2) Ester berbau harum dan banyak terdapat pada buah-buahan.
3) Ester sedikit larut dalam air.
3) Titik didih dan titik beku ester lebih rendah daripada asam karboksilat.

f. Reaksi-reaksi

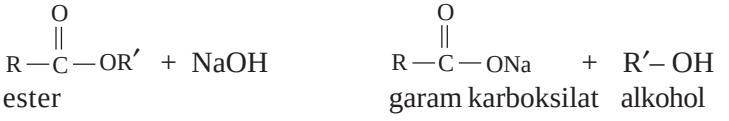
1) Ester mudah direduksi oleh gas hidrogen menjadi alkohol.



2) Ester mudah terhidrolisis oleh air dalam suasana asam menjadi asam karboksilat dan alkohol.



3) Ester mudah terhidrolisis oleh basa kuat menjadi garam karboksilat dan alkohol.



g. Kegunaan

Dalam kehidupan sehari-hari ester banyak digunakan, seperti:

1) Ester memiliki bau yang harum (khas), sehingga banyak dipakai sebagai essens buah-buahan.
2) Ester digunakan untuk bahan pembuatan sabun.
3) Ester digunakan untuk pembuatan mentega.
4) Beberapa senyawa ester digunakan sebagai bahan untuk pembuatan benang.

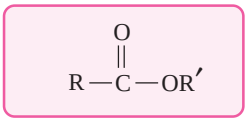
Latihan 4.8

1. Tuliskan sebanyak-banyaknya isomer ester dengan rumus molekul $C_5H_{10}O_2$ dan berikan nama untuk setiap senyawanya!
2. Tuliskan persamaan reaksi dari:
 a. reaksi asam propanoat dengan etanol dengan katalisator asam sulfat pekat
 b. hidrolisis gliseril palmitat
 c. penyabunan gliseril tristearat
 d. asam etanoat + 2–propanol
3. Salah satu jenis sabun mandi yang banyak dipakai adalah kalium palmitat, yang dibuat dari reaksi gliseril tripalmitat dan KOH. Tuliskan reaksi pembuatan sabun itu secara lengkap!
4. Sebutkan beberapa kegunaan dari senyawa ester!

Rangkuman

1. Gugus fungsi adalah atom atau gugus atom yang menjadi ciri khas suatu deret homolog. Setiap senyawa karbon yang mempunyai gugus fungsi berbeda akan mempunyai sifat yang berbeda pula.
2. Berdasarkan letak gugus fungsinya, alkohol dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu alkohol primer, alkohol sekunder, dan alkohol tersier.
3. Alkohol memiliki tiga macam keisomeran, yaitu keisomeran fungsi, keisomeran posisi, dan keisomeran optik.
4. Dalam kehidupan sehari-hari alkohol banyak digunakan antara lain dalam bidang biologi, farmasi, dan bahan bakar alternatif.
5. Eter atau alkoksi alkana merupakan turunan alkana yang mempunyai struktur berbeda dengan alkohol. Eter mempunyai rumus umum R–O–R′. Dengan gugus fungsi –O– yang terikat pada dua gugus alkil.
6. Eter mempunyai sifat-sifat, antara lain mudah menguap, mudah terbakar, dan beracun, bereaksi dengan HBr atau HI dan tidak membentuk ikatan hidrogen di antara molekul-molekulnya, sehingga titik didihnya lebih rendah jika dibandingkan dengan titik didih alkohol yang massa molekul relatifnya sama. Titik didih eter sebanding dengan titik didih alkana.
7. Aldehida atau alkanal adalah senyawa turunan alkana dengan gugus fungsi –CHO. Rumus struktur aldehida adalah R – CHO dan rumus umum aldehida atau alkanal adalah $C_nH_{2n}O$.
8. Aldehida dapat dibuat dengan dua cara, yaitu oksidasi alkohol primer dan ozonalisa alkena.
9. Aldehida mempunyai kegunaan dalam kehidupan sehari-hari, antara lain untuk membuat formalin dan untuk membuat berbagai jenis plastik termoset (plastik yang tidak meleleh pada pemanasan).
10. Keton memiliki rumus umum yang mirip dengan aldehida, hanya dengan mengganti satu atom H yang terikat pada gugus karbonil dengan gugus alkil. Rumus umum keton $C_nH_{2n}O$.
11. Keton dapat memiliki isomer kerangka, posisi, maupun fungsi.
12. Senyawa keton dapat dibuat dengan beberapa cara, yaitu oksidasi alkohol sekunder dengan suatu oksidator (misal larutan $K_2Cr_2O_7$), oksidasi Oppenauer, yaitu dengan cara penggodokkan alkohol sekunder dengan alumunium–t–butoksida dan aseton yang berlebihan menghasilkan dehidrogenasi alkohol dan pirolisis dari garam logam. Jika kalsium asetat dipanaskan dengan kuat akan mengalami penguraian menjadi aseton dan kalsium karbonat.
13. Asam karboksilat merupakan senyawa asam dengan gugus fungsi karboksil (–COOH). Gugus fungsi karboksil merupakan gabungan dari gugus karbonil (–C = O) dengan gugus hidroksil (–OH).

14. Asam karboksilat dapat dibuat dengan beberapa cara, yaitu oksidasi alkohol primer atau aldehida dengan suatu oksidator dan hidrolisis senyawa alkana nitril pada suhu tinggi dan asam kuat.
15. Asam karboksilat banyak dipergunakan dalam kehidupan sehari-hari, di antaranya adalah asam formiat (asam semut) banyak digunakan dalam industri tekstil, penyamakan kulit, dan di perkebunan karet untuk menggumpalkan lateks (getah pohon karet); asam asetat (asam cuka) sebagai pemberi rasa asam dan sebagai pengawet makanan, sebagai bahan pembuatan ester dengan cara mereaksikannya dengan alkohol; dan asam karboksilat suhu tinggi dipergunakan untuk pembuatan sabun jika direaksikan dengan basa, misalnya asam stearat, asam palmitat.
16. Ester atau alkil alkanoat merupakan senyawa karbon turunan asam karboksilat. Ester mempunyai rumus struktur:



17. Beberapa sifat ester adalah mudah menguap dibandingkan dengan asam atau alkohol pembentuknya, ester berbau harum, dan banyak terdapat pada buah-buahan, ester sedikit larut dalam air, serta titik didih dan titik beku ester lebih rendah daripada asam karboksilat.

Uji Kompetensi

I. Berilah tanda silang (X) huruf A, B, C, D, atau E pada jawaban yang paling benar!

1. Senyawa alkohol di bawah ini yang ***tidak*** dapat dioksidasi adalah … .
 A. etanol
 B. 2–propanol
 C. 2–metil–2–propanol
 D. 3–metil–2–butanol
 E. 3–metil–1–butanol

2. Suatu senyawa dengan rumus molekul C_2H_6O jika direaksikan dengan logam natrium akan menghasilkan gas hidrogen, sedangkan dengan asam karboksilat akan menghasilkan ester. Senyawa tersebut adalah … .
 A. eter
 B. aldehid
 C. keton
 D. asam karboksilat
 E. alkohol

3. Oksidasi 2–propanol akan menghasilkan … .
 A. $CH_3–CH_2–COOH$
 B. $CH_3–O–CH_3$
 C. $CH_3–CO–CH_3$
 D. CH_3COOH
 E. $CH_3–CHO$

4. Senyawa yang merupakan isomer fungsional dari butanol adalah … .
 A. $CH_3–CH_2–CH(OH)–CH_3$
 B. $C_2H_5–O–C_2H_5$
 C. $C_3H_7–COOH$
 D. $CH_3–CO–CH_2–CH_3$
 E. $CH_3–CH_2–CHO$

5. Jika suatu alkohol dengan rumus molekul C_4H_8O dioksidasi dengan kalium dikromat dalam asam menghasilkan butanon, maka alkohol tersebut adalah … .
 A. n–butanol
 B. 2–butanol
 C. t–butil alkohol
 D. 2–metil–1–propanol
 E. 2–metil–2–propanol

6. Senyawa organik dengan rumus molekul $C_5H_{12}O$ yang merupakan alkohol tersier adalah … .
 A. 3–pentanol
 B. 2–metil–2–butanol
 C. 2–metil–3–butanol
 D. 3–metil–2–butanol
 E. trimetil karbinol

7. Senyawa alkohol yang jika dioksidasi menghasilkan alkanon adalah … .
 A. 2–metil–1–butanol
 B. 2–metil–2–propanol
 C. 3–metil–2–butanol
 D. 2,3–dimetil–2–butanol
 E. 2,3,3–trimetil–1–butanol

8. Senyawa yang ***bukan*** merupakan alkohol sekunder adalah … .
 A. 2–pentanol
 B. 3–pentanol
 C. 2–metil–3–pentanol
 D. 3–metil–2–pentanol
 E. 3–metil–3–pentanol
9. Senyawa alkohol berikut ini yang bersifat optis aktif adalah … .
 A. 2–propanol
 B. 2–metil–2–propanol
 C. 2–butanol
 D. 3–pentanol
 E. 2–metil–2–butanol
10. Butil alkohol isomerik dengan … .
 A. $C_3H_7COCH_3$
 B. $C_2H_5COC_2H_5$
 C. $CH_3COOC_2H_5$
 D. $C_2H_5OC_2H_5$
 E. $C_2H_5COOC_2H_5$
11. Senyawa dengan rumus C_3H_8O mempunyai isomer sebanyak … .
 A. 6
 B. 5
 C. 4
 D. 3
 E. 2
12. Senyawa dengan rumus molekul $C_5H_{12}O$ termasuk kelompok senyawa … .
 A. aldehida
 B. ester
 C. eter
 D. alkanon
 E. asam karboksilat
13. Etil alkohol dan dimetil eter adalah sepasang isomer. Akan tetapi eter mendidih pada suhu yang jauh lebih rendah karena … .
 A. berat jenis eter lebih kecil daripada alkohol
 B. panas jenis alkohol lebih besar daripada eter
 C. eter mengandung dua gugus metil
 D. berat molekul alkohol dan eter tidak sama
 E. antara molekul-molekul alkohol terjadi ikatan melalui ikatan hidrogen
14. Suatu senyawa A ($C_4H_{10}O$) tidak bereaksi dengan logam Na. Senyawa tersebut dengan larutan HI berlebih menghasilkan senyawa B, C, dan H_2O. Hidrolisis senyawa B menghasilkan 2–propanol. Senyawa A tersebut adalah … .
 A. metil isopropil eter
 B. tersier butil alkohol
 C. isobutil alkohol
 D. metil–n–propil eter
 E. s–butil alkohol
15. Untuk membedakan aldehida dengan keton digunakan pereaksi … .
 A. Tollens
 B. Benedict
 C. biuret
 D. alkil halida
 E. xantoproteat

16. Data dari beberapa zat yang direaksikan dengan beberapa pereaksi:

	Hasil Reaksi dengan Pereaksi			
	Tollens	**Biuret**	**Fehling**	**$KMnO_4$**
P	Tak berwarna	Ungu	Biru	Ungu
Q	Cermin perak	Biru	Merah bata	Tak berwarna
R	Keruh	Biru	Biru	Tak berwarna
S	Keruh	Biru	Biru	Ungu
T	Tak berwarna	Ungu	Biru	Oranye

Senyawa yang mengandung gugus aldehid adalah … .

A. P
B. Q
C. R
D. S
E. T

17. Di bawah ini yang menghasilkan senyawa aldehida jika dioksidasi adalah … .

A. $CH_3–CH_2–COOH$
B. $CH_3–CH(CH_3)–OH$
C. $CH_3–CH_2–OH$
D. $CH_3–C(CH_3)_2–OH$
E. $CH_3–CH_2–CH(CH_3)–OH$

18. Oksidasi lanjut dari propanol akan menghasilkan … .

A. asam propanoat
B. asam asetat
C. propanal
D. propanon
E. aseton

19. Suatu senyawa dengan rumus molekul $C_5H_{10}O$ menghasilkan endapan merah bata dengan pereaksi Fehling. Banyaknya kemungkinan rumus struktur senyawa di atas adalah … .

A. 1
B. 2
C. 3
D. 4
E. 5

20. Nama yang benar dari senyawa $CH_3–CO–CH(CH_3)–CH_2–CH_3$ adalah … .

A. 2–etil–3–butanon
B. 3–etil–2–butanon
C. 3–metil–4–pentanon
D. 3–metil–2–pentanon
E. 3–metil–2–heksanon

21. Nama kimia untuk senyawa $HC(CH_3)_2–CH_2–CO–CH_3$ adalah … .

A. 1,1–dimetil–3–butanon
B. 2–metil–4–pentanon
C. 4,4–dimetil–2–butanon
D. isopropil metil keton
E. 4–metil–2–pentanon

22. Rumus senyawa butanon adalah … .
 A. $C_2H_5CO_2CH_3$
 B. $C_2H_5COCH_3$
 C. $C_2H_5COC_2H_5$
 D. $C_2H_5OC_2H_5$
 E. C_3H_7CHO
23. Reaksi pembentukan CH_3CHO dari C_2H_5OH tergolong sebagai reaksi … .
 A. adisi
 B. substitusi
 C. redoks
 D. kondensasi
 E. hidrogenasi
24. Pernyataan berikut yang ***tidak*** benar untuk aseton adalah … .
 A. disebut pula propanon
 B. memberikan endapan Cu_2O pada reaksi dengan larutan Fehling
 C. memberikan endapan iodoform pada reaksi dengan I_2 atau NaOH
 D. dipergunakan sebagai zat pelarut
 E. merupakan isomer dari propionaldehida
25. Etil asetat jika dihidrolisis akan menghasilkan … .
 A. asam propanoat dan metanol
 B. asam formiat dan etanol
 C. asam propanoat dan etanol
 D. asam asetat dan metanol
 E. asam asetat dan etanol
26. Berikut ini kegunaan asam karboksilat, ***kecuali***
 A. penyamakan kulit
 B. penggumpal lateks
 C. pembuatan mentega
 D. pemberi rasa asam
 E. pengawet makanan
27. Hasil reaksi antara larutan asam propionat dengan etanol adalah
 A. CH_3COOCH_3
 B. $C_2H_5COOC_2H_5$
 C. $C_3H_7COOC_2H_5$
 D. $C_2H_5COOC_3H_7$
 E. $C_3H_7COOCH_3$
28. Lemak adalah campuran ester-ester gliserol dengan asam-asam lemak. Proses atau reaksi mana yang dapat digunakan untuk memperoleh gliserol dari lemak?
 A. oksidasi lemak
 B. penyabunan lemak
 C. esterifikasi lemak
 D. pirolisa lemak
 E. distilasi lemak
29. Senyawa organik yang termasuk golongan senyawa ester adalah
 A. metil asetat
 B. 3–metil butanon
 C. metil–etil eter
 D. metil amina
 E. 2–metil butanon

30. Asam propanoat dapat dibuat dengan cara mengoksidasikan
 A. CH_3COCH_3
 B. $CH_3CH(OH)CH_3$
 C. CH_3CH_2OH
 D. CH_3CH_2CHO
 E. $CH_2(OH)CH_2CH_2OH$
31. Campuran manakah di bawah ini jika bereaksi menghasilkan ester?
 A. propanol dengan natrium
 B. gliserol trioleat dengan natrium hidroksida
 C. asam oleat dengan natrium hidroksida
 D. propanol dengan fosfor trioksida
 E. etanol dengan asam asetat
32. Hasil reaksi dari CH_3CH_2COOH dengan CH_3CH_2OH adalah
 A. etil propil eter
 B. propil etil eter
 C. etil propanoat
 D. propil etanoat
 E. dipropil eter
33. Nama senyawa $CH_3CH_2CH(C_3H_7)CH_2CH_2COOH$ adalah
 A. asam 2–propil heksanoat
 B. asam 4–propil heksanoat
 C. asam 4–etil heksanoat
 D. asam 3–etil heptanoat
 E. asam 4–etil heptanoat
34. Asam karboksilat di bawah ini merupakan asam jenuh, ***kecuali***
 A. asam asetat
 B. asam oleat
 C. asam stearat
 D. asam laktat
 E. asam butirat
35. Asam karboksilat yang memberikan endapan merah jika ditetesi larutan Fehling adalah
 A. asam formiat
 B. asam oksalat
 C. asam propionat
 D. asam palmitat
 E. asam valerat
36. Senyawa $CH_3CH_2CH_2COOCH_2CH_3$ mempunyai nama
 A. propil etanoat
 B. butil etanoat
 C. etil propanoat
 D. propil propanoat
 E. etil butanoat
37. Manakah senyawa berikut yang ***bukan*** merupakan gliserida?
 A. mentega
 B. margarin
 C. lemak
 D. etil asetat
 E. minyak nabati
38. Hidrolisis butil asetat menghasilkan
 A. butanol dan etanol
 B. etanol dan asam butanoat
 C. butanol dan asam etanoat
 D. asam etanoat dan asam butanoat
 E. butanol dan aseton

39. Hasil reaksi $CH_3–CH_2–COOH$ dengan $CH_3–CH_2–OH$ adalah
 A. etil propil eter
 B. etil etanoat
 C. etil propanoat
 D. propil etanoat
 E. dietil eter

40. Proses pengolahan margarin dari minyak nabati adalah
 A. adisi dengan hidrogen
 B. hidrolisis dengan NaOH
 C. reaksi dengan logam Na
 D. esterifikasi dengan gliserol
 E. oksidasi dengan oksigen

41. Reaksi RCOOR + NaOH $\rightleftharpoons$ RCOONa + ROH disebut reaksi
 A. esterifikasi
 B. saponifikasi
 C. netralisasi
 D. hidrolisis
 E. adisi

42. Reaksi manakah yang dapat digunakan untuk memperoleh gliserol dari lemak?
 A. esterifikasi
 B. netralisasi
 C. reduksi
 D. hidrolisis
 E. oksidasi

43. Sebanyak 1,1 gram suatu asam alkanoat (A_r C = 12, O = 16, H = 1) dapat dinetralkan oleh 25 mL larutan NaOH 0,5 *M*. Asam alkanoat tersebut adalah
 A. asam metanoat
 B. asam etanoat
 C. asam propanoat
 D. asam butanoat
 E. asam pentanoat

44. Manakah senyawa yang ***tidak*** mengandung lima atom karbon?
 A. asam 2–metil butanoat
 B. etil propil eter
 C. propil asetat
 D. etil propil keton
 E. pentanal

45. Tata nama berikut yang salah adalah
 A. 4–propil–3–heptanoat
 B. 3–isopropil heksanal
 C. asam 2–etil pentanoat
 D. 4–etil–2–pentanol
 E. 2–metil–2–metoksi butana

46. Reaksi antara asam organik dengan alkohol dinamakan reaksi
 A. esterifikasi
 B. alkoholisis
 C. hidrolisis
 D. oksidasi
 E. dehidrasi

47. Reaksi antara etanol dengan asam bromida berlangsung sebagai berikut.
 $CH_3CH_2OH + HBr \rightleftharpoons CH_3CH_2Br + H_2O$
 Reaksi tersebut termasuk jenis reaksi
 A. hidrolisis
 B. eliminasi
 C. adisi
 D. dehidrogenasi
 E. substitusi

48. Reaksi 2–propanol dengan asam bromida menghasilkan 2–bromopropana merupakan reaksi
 A. adisi
 B. substitusi
 C. eliminasi
 D. redoks
 E. polimerisasi
49. Untuk mengetahui banyaknya ikatan rangkap yang terdapat dalam minyak, dilakukan pengukuran
 A. bilangan asam
 B. bilangan penyabunan
 C. bilangan iodin
 D. bilangan ester
 E. bilangan oksidasi
50. Hasil sampingan yang diperoleh dalam industri sabun adalah
 A. alkohol
 B. ester
 C. glikol
 D. gliserol
 E. asam karbon tinggi

II. Kerjakan soal-soal berikut ini dengan benar!

1. Buatlah isomerik dari butil alkohol (C_4H_9OH)!
2. Apa yang Anda ketahui tentang alkohol primer, alkohol sekunder, dan alkohol tersier? Berikan contohnya!
3. Sebutkan nama lain dari alkohol tersier dengan rumus $C_5H_{12}O$!
4. Bagaimana cara membedakan antara alkohol dengan eter?
5. Sebutkan perbedaan antara alkohol aromatik (fenol) dengan alkohol alifatik (alkohol)?
6. Pada reaksi antara logam natrium dengan C_2H_5OH, sebutkan bagian yang mengalami pergantian!
7. Sebutkan reaktivitas alkohol!
8. Bagaimana sifat alkohol secara umum?
9. Apa saja manfaat dari alkohol?
10. Sebutkan nama struktur dari $CH_3–O–CH_3$ dan $CH_3–O–CH_2–CH_3$!
11. Bagaimana reaktivitas eter?
12. Bagaimana sifat eter secara umum?
13. Apa manfaat dari eter?
14. $CH_3–CH_2–O–CH_2–CH_3 + HI \rightarrow CH_3–CH_2–I + CH_3–CH_2–OH$
 Sebutkan jenis reaksi di atas!
15. Suatu senyawa organik yang rantainya terdiri dari 2 atom C bila direaksikan dengan larutan Fehling akan memberikan endapan merah bata. Bila dioksidasi akan menghasilkan asam alkanoat. Dari hasil percobaan ini, tentukan:
 a. rumus struktur dan nama senyawa organik tersebut
 b. deret homolog senyawa tersebut
 c. rumus struktur dan nama senyawa hasil oksidasi

16. Bagaimana cara membedakan antara aldehida dengan keton?
17. Sebutkan contoh aldehida dan kegunaannya!
18. Sebutkan hasil adisi dari $CH_3–CHO + H_2O$!
19. Berdasarkan sifat gugus karbonilnya, aldehida dan keton mempunyai reaktivitas. Sebutkan kereaktivitasannya tersebut!
20. Tuliskan isomer dari C_3H_5OH beserta namanya!
21. Sebutkan rumus umum untuk aldehida dan keton!
22. Sebutkan hasil reaksi CH_3CH_2CHO dengan pereaksi Tollens!
23. Sebutkan hasil reaksi $CH_3–CH_2–CHO$ dengan oksidator kuat!
24. Tuliskan isomer dari $C_6H_{12}O$!
25. Tentukan pereaksi yang digunakan untuk melangsungkan reaksi berikut!
 $CH_3–CH_2–CHO$ $CH_3–CH_2–COOH$
26. Sebutkan nama struktur di bawah ini berdasarkan trivial!
 H–CHO dan $CH_3–CH_2–CH_2–CHO$
27. Apa yang terjadi jika heptanal dan aseton dioksidasi dengan garam permanganat atau dikromat?
28. Tuliskan rumus struktur asam karboksilat untuk tiap rumus molekul berikut.
 a. $C_4H_8O_2$
 b. $C_5H_{10}O_2$
29. Tuliskan rumus struktur dan nama-nama untuk semua asam karboksilat dengan rumus molekul $C_5H_{10}O_2$!
30. Asam benzoat adalah suatu asam karboksilat aromatik dengan rumus molekul $C_7H_6O_2$. Tuliskan rumus strukturnya!
31. Tuliskan reaksi pembuatan ester berikut.
 a. Etil asetat
 b. Metil butanoat
32. Tuliskan rumus struktur dan nama senyawa untuk semua ester yang mempunyai rumus molekul $C_4H_8O_2$!
33. Suatu ester tertentu dihidrolisis dengan larutan natrium hidroksida. Produknya adalah 1–propanol dan natrium metil propanoat. Tulislah rumus struktur dan nama untuk kedua ester dalam soal ini!
34. a. Tuliskan reaksi pembentukan ester butil asetat!
 b. Buatlah isomer posisi dan isomer fungsi dari ester butil asetat tersebut!

BAB 5

Benzena dan Makromolekul



Tujuan Pembelajaran:

Setelah mempelajari bab ini, Anda diharapkan mampu:

1. Mendeskripsikan struktur, cara penulisan, tata nama, sifat, dan kegunaan benzena dan turunannya.
2. Mendeskripsikan struktur, tata nama, klasifikasi, sifat, dan kegunaan polimer.
3. Mendeskripsikan struktur, tata nama, klasifikasi, sifat, dan kegunaan lemak.
4. Mendeskripsikan struktur, tata nama, klasifikasi, sifat, dan kegunaan protein.
5. Mendeskripsikan struktur, tata nama, klasifikasi, sifat, dan kegunaan karbohidrat.

Kata Kunci

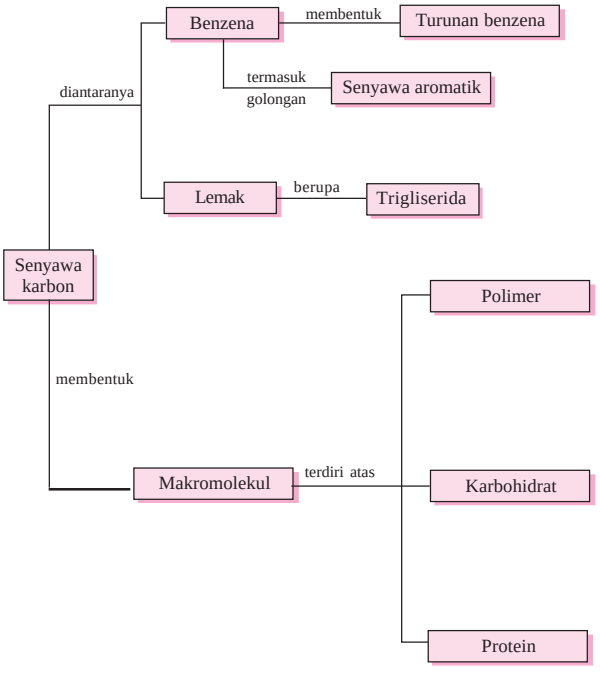
Benzena, polimerisasi, lemak, trigliserida, asam lemak jenuh, esterifikasi, bilangan penyabunan, bilangan yodium, glukosa, selulosa, monosakarida, protein, asam amino esensial, ikatan peptida.

Pengantar

Pernahkah dalam satu hari saja, kita tidak menggunakan bahan-bahan yang terbuat dari polimer sintetik, misalnya plastik? Tentu tidak bukan! Polimer sintetik tidak pernah lepas dalam kehidupan kita. Polimer tersebut telah menjadi bagian yang erat dan menjadi kebutuhan primer bagi kita. Perlengkapan rumah tangga, perlengkapan sekolah, perangkat komputer, telepon, kabel, mainan anak-anak, pembungkus makanan sampai klep jantung buatan, semuanya tidak lepas dari pemanfaatan polimer sintetik. Polimer sintetik telah banyak berjasa dan memberi kemudahan bagi kita dalam menghadapi kehidupan sehari-hari. Polimer merupakan sebagian dari senyawa makromolekul. Senyawa makromolekul yang lain, antara lain protein, karbohidrat, dan lain-lain.

Peta Konsep

Benzena dan Makromolekul



5.1 Benzena



Gambar 5.1 Rumus Struktur Metil Salisilat (Sumber: *Chemistry and Chemical Reactivity*, Kotz and Purcell 1978, CBS College Publishing New York)

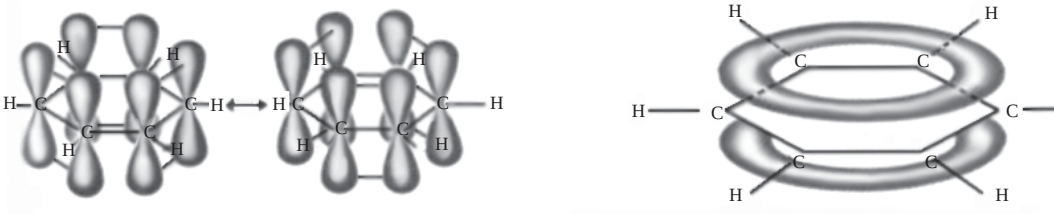
Pernahkah Anda mengalami salah urat atau keseleo, apa yang Anda lakukan? Ya… Anda akan mengoleskan obat gosok, misalnya balsam gosok pada bagian tubuh yang terasa nyeri tersebut. Balsam gosok mengandung metil salisilat yang merupakan salah satu senyawa turunan benzena.

Benzena dan turunannya merupakan senyawa aromatik. Nama aromatik itu diberikan karena anggota-anggota yang pertama dikenal berbau sedap. Belakangan dikenal juga senyawa-senyawa sejenis yang tidak berbau, bahkan ada yang berbau tidak sedap. Kini, istilah aromatik itu dikaitkan dengan suatu golongan senyawa dengan struktur dan sifat-sifat khas tertentu.

Untuk pertama kalinya benzena diisolasi dalam tahun 1825 oleh **Michael Faraday** dari residu minyak yang tertimbun dalam pipa induk gas di London. Dewasa ini, sumber utama benzena, benzena tersubstitusi dan senyawa aromatik lain adalah petroleum. Sampai tahun 1940, ter batu bara merupakan sumber utama. Macam senyawa aromatik yang diperoleh dari sumber-sumber ini adalah hidrokarbon, fenol, dan senyawa heterosiklik aromatik (Fessenden dan Fessenden, 1983: 479).

A. Rumus Struktur Benzena dan Sifat Kearomatikan

Benzena dengan rumus molekul C_6H_6 adalah senyawa siklik dengan enam atom karbon yang tergabung dalam cincin. Setiap atom karbon terhibridisasi sp^2 dan cincinnya adalah planar. Setiap atom karbon mempunyai satu atom hidrogen yang terikat padanya, dan setiap atom karbon juga mempunyai orbital *p* tak terhibridisasi tegak lurus terhadap bidang ikatan sigma dan cincin. Masing-masing dari keenam orbital *p* ini dapat menyumbangkan satu elektron untuk ikatan pi seperti terlihat pada gambar 5.2 (Fessenden dan Fessenden, 1983:71).



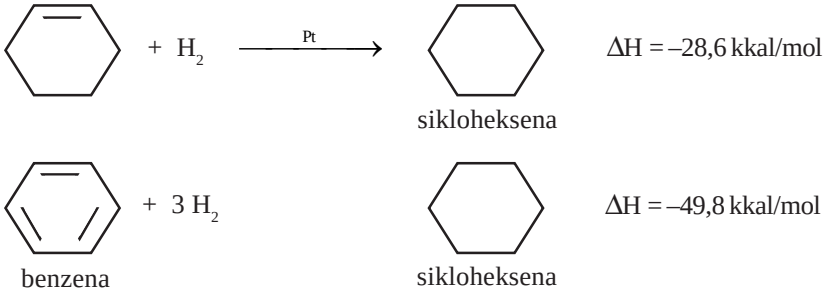
Gambar 5.2 Gambar Orbital *p* dari Benzena, C_6H_6 (Sumber: *Chemistry and Chemical Reactivity*, Kotz and Purcell 1978, CBS College Publishing New York)

Dengan enam elektron p, benzena dapat mengandung tiga ikatan pi. Walaupun rumus molekul benzena ditetapkan segera setelah penemuannya dalam tahun 1825, namun diperlukan 40 tahun sebelum **Kekule** mengusulkan struktur heksagonal untuk benzena. Struktur yang mula-mula diusulkan tidak mengandung ikatan rangkap (karena benzena tidak bereaksi yang karakteristik alkena). Agar taat asas terhadap tetravalensi karbon, Kekule pada tahun 1972 mengusulkan bahwa benzena mengandung tiga ikatan tunggal dan tiga ikatan

rangkap yang berselang-seling. Untuk menerangkan adanya hanya tiga (tidak lima) benzena tersubstitusi, Kekule menyampaikan bahwa cincin benzena berada dalam kesetimbangan yang cepat dengan stuktur dalam mana ikatan rangkap berada dalam posisi alternatifnya.

B. Kestabilan Cincin Benzena

Menurut hasil eksperimen, kalor hidrogenasi sikloheksena adalah 28,6 kkal/mol. Seandainya benzena hanya mengandung tiga ikatan rangkap yang berselang seling dengan tiga ikatan tunggal, tanpa delokalisasi elektron pi apapun, diharapkan kalor hidrogenasinya akan sebesar 3 × 28,6 = 85,8 kkal/mol. Tapi ternyata dari eksperimen, benzena hanya membebaskan energi 49,8 kkal/mol bila dihidrogenasi.





Gambar 5.3 Rumus Struktur Benzena (a) dan Sikloheksana (b). (Sumber: *Chemistry, The Moleculer Nature of Matter and Change*, Martin S. Silberberg, USA)

Hidrogenasi benzena membebaskan energi 36 kkal/mol lebih rendah dibandingkan dengan hidrogenasi senyawa hipotetis, sikloheksatriena. Oleh karena itu, benzena dengan elektron-elektron pi yang terdelokalisasi itu mengandung energi 36 kkal/mol lebih rendah daripada seharusnya, seandainya elektron-elektron pi terdelokalisasi dalam tiga ikatan rangkap yang terisolasi. Selisih energi antara benzena dan sikloheksatriena disebut energi resonansi benzena. *Energi resonansi* ialah energi yang hilang (kestabilan yang diperoleh) dengan adanya delokalisasi penuh elektron-elektron sistem pi. Besaran ini merupakan ukuran tambahan kestabilan sistem aromatik itu bila dibandingkan dengan sistem lokalisasi.

C. Keisomeran Benzena

Benzena mempunyai tiga jenis keisomeran yang ditandai dengan awalan orto (*o*), meta (*m*), dan para (*p*). Awalan orto (*o*) menunjukkan bahwa kedua substituen itu 1,2 satu sama lain dalam suatu cincin benzena; meta (*m*) menandai hubungan 1,3; dan para (*p*) berarti hubungan 1,4.

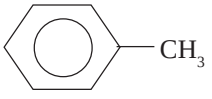
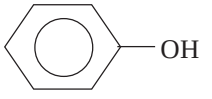
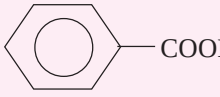
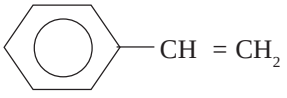
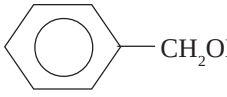
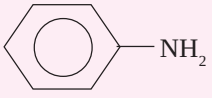
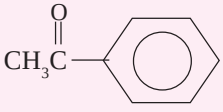
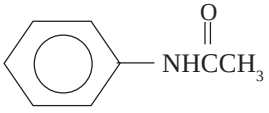
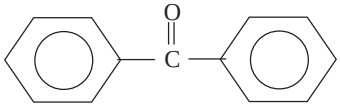


Penggunaan orto, meta, dan para sebagai ganti nomor-nomor posisi hanya dipertahankan khusus benzena terdistribusi (sistem ini tidak digunakan untuk sikloheksana atau sistem cincin lain), dan juga digunakan untuk memberi nama senyawa-senyawa turunan benzena.

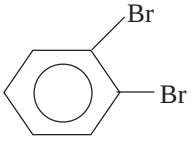
D. Tata Nama Senyawa Turunan Benzena

Tata nama senyawa turunan benzena demikian juga senyawa aromatik pada umumnya tidak begitu sistematis. Masing-masing senyawa lebih dikenal dengan nama lazim atau nama turunannya. Nama turunan diperoleh dengan menggabungkan nama substituen sebagai awalan yang diikuti dengan kata benzena. Beberapa nama yang lazim digunakan untuk senyawa turunan benzena dipaparkan pada tabel 5.1.

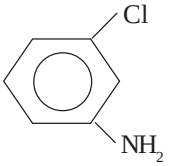
Tabel 5.1 Rumus Struktur Beberapa Senyawa Turunan Benzena

Struktur	Nama	Struktur	Nama
	Toluena		Fenol
	*p*–xilena		Asam benzoat
	Stirena		Benzil alkohol
	Anilin (Amino benzena)		Asetofenon
	Asetanilida		Benzofenon

Jika terdapat dua jenis substituen, maka posisi substituen dapat dinyatakan dengan awalan *o*–(orto), *m*–(meta), atau *p*–(para). Perhatikan beberapa contoh berikut!



o–dibromobenzena



m–kloroanilina



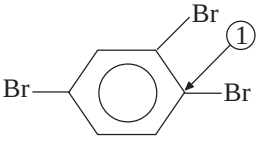
p–klorofenol

Jika terdapat tiga substituen atau lebih pada sebuah cincin benzena, sistem *o*–, *m*–, *p*– tidak dapat lagi diterapkan. Dalam hal ini harus digunakan angka. Seperti dalam penomoran senyawa apa saja, cincin benzena dinomori sedemikian sehingga nomor-nomor awalan itu serendah mungkin dan nomor 1 diberikan pada gugus yang berprioritas tata nama tertinggi. Urutan prioritas penomoran untuk berbagai substituen sebagai berikut.

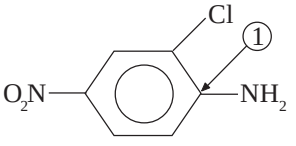
$$-COOH,\ -SO_3H,\ -CHO,\ -CN,\ -OH,\ -NH_2,\ -R,\ -NO_2,\ -X$$

Prioritas makin turun

Contoh:



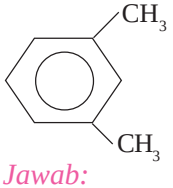
1, 2, 4–tribromobenzena

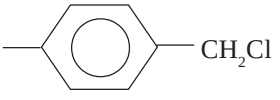


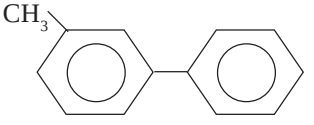
2–kloro–4–nitroanilina

Contoh 5.1

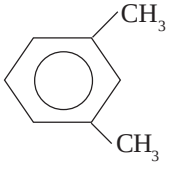
Berikan nama benzena tersubstitusi berikut ini!



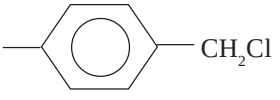




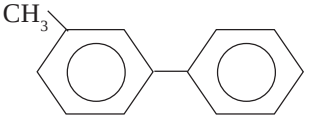
Jawab:



2, 6–dimetilanilina



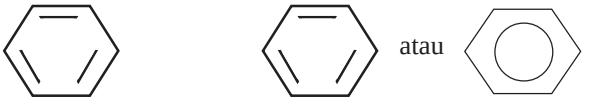
p–bromo benzilklorida



m–tolisikloheksana

Tugas Kelompok

Diskusikan soal berikut dengan kelompok belajar Anda!
Rumus struktur benzena adalah:



Apakah nama 1,3,5 – sikloheksatriena tepat untuk benzena di atas? Jelaskan alasannya!

Tugas Individu 5.1

Tulislah rumus struktur dari senyawa benzena berikut.
1. Para–*n*–propiltoluena
2. Orto–xilena

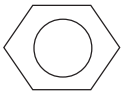
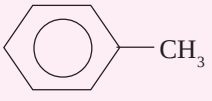
E. Sifat-sifat Benzena

1. Sifat-sifat Fisis Benzena

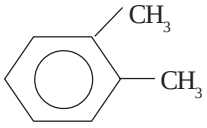
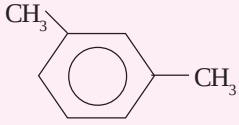
Seperti hidrokarbon alifatik dan alisiklik, benzena dan hidrokarbon aromatik lain bersifat nonpolar. Mereka tidak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut organik, seperti dietil eter, karbon tetraklorida, atau heksana. Mengapa? Benzena sendiri digunakan secara meluas sebagai pelarut. Senyawa ini memiliki sifat yang berguna, yaitu membentuk *azeotrop*. Senyawa yang larut dalam benzena mudah dikeringkan dengan menyuling azeotrop tersebut.

Meskipun titik didih dan titik leleh hidrokarbon aromatik (lihat tabel 5.2) bersifat khas, perhatikan bahwa *p*–xilena mempunyai titik leleh yang lebih tinggi daripada *o*–xilena atau *m*–xilena. Titik leleh yang tinggi merupakan sifat khas benzena *p*–substitusi; suatu *p*–isomer lebih simetris dan dapat membentuk kisi kristal yang lebih teratur dan lebih kuat dalam keadaan padat daripada *o*– dan *m*–isomer yang kurang simetris.

Tabel 5.2 Titik Leleh dan Titik Didih Benzena dan Turunannya

Nama	Rumus dan Struktur	Titik Leleh (°C)	Titik Didih (°C)
Benzena		5,5	80
Toluena		–95	111

Tabel 5.2 lanjutan Titik Leleh dan Titik Didih Benzena dan Turunannya

Nama	Rumus dan Struktur	Titik Leleh (°C)	Titik Didih (°C)
o–xilena		–25	144
m–xilena		–48	139
p–xilena		13	138

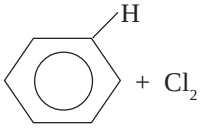
2. Sifat-sifat Kimia Benzena

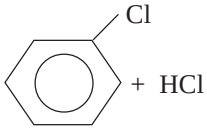
Secara kimia, benzena tidak begitu reaktif tetapi mudah terbakar dengan banyak jelaga. Benzena lebih mudah mengalami substitusi daripada adisi. Kita akan membahas beberapa reaksi terpenting dari benzena.

a. Halogenasi

Benzena bereaksi langsung dengan halogen menggunakan katalisator besi(III) halida membentuk klorobenzena.

Contoh:

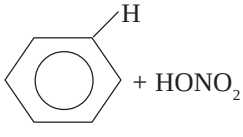


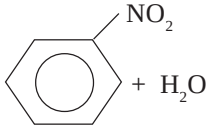


b. Nitrasi

Benzena bereaksi dengan asam nitrat pekat, HNO_3 dengan katalisator asam sulfat pekat membentuk nitrobenzena.

Contoh:

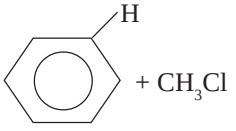


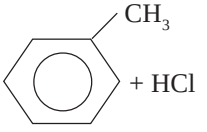


c. Alkilasi

Alkilasi benzena dengan alkil halida menggunakan katalisator aluminium klorida, $AlCl_3$ membentuk alkil benzena sering disebut dengan *alkilasi Friedel-Crafts* (diambil dari nama ahli kimia Perancis, **Charles Friedel** dan ahli kimia Amerika, **James Crafts**, yang mengembangkan reaksi ini tahun 1877) (Fessenden dan Fessenden, 1983: 71).

Contoh:



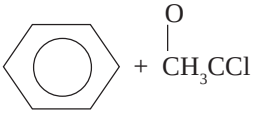


toluena

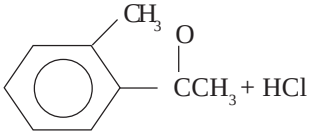
d. Asilasi

Asilasi benzena dengan senyawa halida asam yang mengandung gugus asil, R–CO– atau Ar–CO– disebut *reaksi asilasi aromatik* atau *asilasi Friedel-Crafts*.

Contoh:



asetilklorida

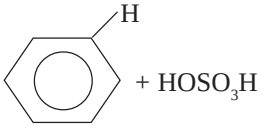


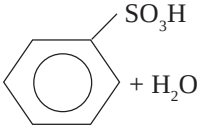
asetofenon

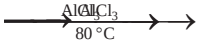
e. Sulfonasi

Sulfonasi benzena dengan asam sulfat berasap ($H_2SO_4 + SO_3$) menghasilkan asam benzena sulfonat.

Contoh:







Contoh 5.2

Senyawa mana yang diharapkan mengalami nitrasi aromatik dengan lebih mudah, $C_6H_5CH_3$ atau $C_6H_5CCl_3$?

Jawab:

Gugus CH_3 bersifat melepas elektron dan karena itu mengaktifkan cincin, gugus CCl_3 bersifat menarik elektron karena pengaruh atom-atom klor yang elektronegatif. $C_6H_5CH_3$ mempunyai cincin yang teraktifkan. $C_6H_5CCl_3$ mempunyai cincin yang terdeaktivitas dan mengalami substitusi dengan lebih lambat.

Tugas Individu 5.2

Tuliskan persamaan reaksi dari:

1. nitrasi senyawa para–xilena
2. halogenasi para–diklorobenzena

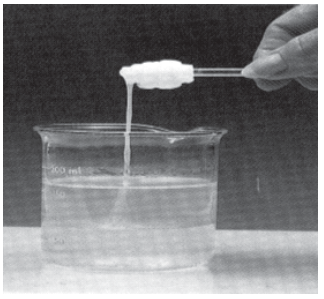
F. Kegunaan Benzena dan Beberapa Senyawa Turunannya

1. Benzena
 Benzena digunakan sebagai pelarut untuk berbagai jenis zat. Selain itu benzena juga digunakan sebagai bahan dasar membuat stirena (bahan membuat sejenis karet sintetis) dan nilon–66.
2. Asam Salisilat
 Asam salisilat adalah nama lazim dari asam *o*–hidroksibenzoat. Ester dari asam salisilat dengan asam asetat digunakan sebagai obat dengan nama aspirin atau asetosal.
3. Asam Benzoat
 Asam benzoat digunakan sebagai pengawet pada berbagai makanan olahan.
4. Anilina
 Anilina merupakan bahan dasar untuk pembuatan zat-zat warna diazo. Reaksi anilina dengan asam nitrit akan menghasilkan garam diazonium, dan proses ini disebut *diazotisasi*.
5. Toluena
 Kegunaan toluena yang penting adalah sebagai pelarut dan sebagai bahan baku pembuatan zat peledak trinitrotoluena (TNT).
6. Stirena
 Jika stirena mengalami polimerisasi akan terbentuk polistirena, suatu jenis plastik yang banyak digunakan untuk membuat insulator listrik, boneka-boneka, sol sepatu, serta piring dan cangkir.
7. Benzaldehida
 Benzaldehida digunakan sebagai zat pengawet serta sebagai bahan baku pembuatan parfum karena memiliki bau yang sedap.
8. Natrium Benzoat
 Seperti asam benzoat, natrium benzoat juga digunakan sebagai bahan pengawet makanan dalam kaleng.
9. Fenol
 Fenol (fenil alkohol) dalam kehidupan sehari-hari lebih dikenal dengan nama karbol atau lisol, dan dipergunakan sebagai zat disinfektan (pembunuh bakteri) karena dapat menyebabkan denaturasi protein.

Latihan 5.1

1. Apa yang menyebabkan cincin benzena bersifat stabil?
2. Tuliskan rumus struktur dari:
 a. para–diklorobenzena
 b. orto–toluena
 c. meta–xilena
3. Asam nitrat bereaksi dengan naftalena dengan hadirnya asam sulfat. Dalam reaksi itu, sebuah atom hidrogen dalam naftalena digantikan oleh sebuah gugus NO_2.
 a. Tuliskan persamaan reaksinya!
 b. Tuliskan rumus struktur semua senyawa hasil reaksi yang mungkin terbentuk!

5.2 Polimer



Gambar 5.4 Nilon–66 (Sumber: *Chemistry, The Moleculer Natur of Matter and Change*, Martin S. Silberberg, USA)

Setiap hari kita menggunakan produk-produk industri plastik. Tahukah Anda apakah sebenarnya plastik itu? Mengapa plastik mempunyai sifat dapat ditarik? Plastik merupakan salah satu jenis dari polimer. Salah satu contoh polimer adalah nilon–66 (gambar 5.4).

Polimer adalah molekul raksasa atau makromolekul. Polimer terbentuk dari gabungan rantai molekul-molekul sederhana (monomer) yang sangat panjang sekali.

Reaksi pembentukan polimer dikenal dengan sebutan *polimerisasi*. Polimer alamiah mencakup protein (seperti sutra, serat otot, dan enzim), polisakarida (pati dan selulosa), karet, dan asam-asam nukleat. Polimer buatan manusia hampir sama aneka ragamnya dengan polimer alam. Produk-produk polimer sehari-hari mencakup kantong plastik pembungkus makanan, lapisan teflon pada penggorengan, sikat rambut, sikat gigi, perekat epoksi, penyekat listrik, wadah plastik, dan lain-lain. Dewasa ini teknologi makromolekul telah menjadi raksasa dalam industri dunia.

Polimer terbagi dalam tiga kelompok umum, yaitu:

a. *Elastomer*, yaitu polimer dengan sifat-sifat elastik, seperti karet.
b. *Serat*, yaitu polimer mirip benang, seperti kapas, sutra, atau nilon.
c. *Plastik*, yaitu polimer yang berupa lembaran tipis, zat padat yang keras, dan dapat dicetak (pipa, mainan anak-anak), atau salutan (cat mobil, pernis).

A. Reaksi Pembentukan Polimer

Reaksi pembentukan polimer dikelompokkan menjadi dua, yaitu polimerisasi adisi dan polimerisasi kondensasi.

1. Polimerisasi Adisi

Polimerisasi adisi adalah perkaitan langsung antarmonomer berdasarkan reaksi adisi. Polimerisasi adisi terjadi pada monomer yang mempunyai ikatan rangkap, di mana dengan bantuan suatu katalisator (misalnya peroksida), maka ikatan rangkapnya terbuka dan monomer-monomer dapat langsung berkaitan. Contohnya pembentukan polietilena (polietena)

$$\underset{\text{2 monomer}}{CH_2 = CH_2 + CH_2 = CH_2} \rightarrow \underset{\text{dimer}}{-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-} \rightarrow \underset{\text{polimer}}{(-CH_2-CH_2-)_n}$$

2. Polimerisasi Kondensasi

Pada polimerisasi kondensasi, monomer-monomer saling berkaitan dengan melepas molekul kecil, seperti H_2O dan metanol. Polimerisasi ini terjadi pada monomer yang mempunyai gugus fungsi pada kedua ujung rantainya.

Tugas Individu 5.3

1. Apa yang dimaksud dengan polimer?
2. Jelaskan perbedaan antara polimerisasi adisi dengan polimerisasi kondensasi!
3. Tuliskan reaksi polimerisasi dari:
 a. pembentukan protein
 b. pembentukan polietilena
 c. pembentukan polivinilklorida (PVC)

B. Penggolongan Polimer

Polimer dapat digolongkan berdasarkan asal, jenis monomer pembentuk, dan sifat kekenyalan.

1. Penggolongan Polimer Berdasarkan Asalnya

Berdasarkan asalnya, polimer dibedakan atas polimer alam dan polimer sintetis. Berikut ini beberapa jenis polimer alam dan polimer sintetis (tabel 5.3).

Tabel 5.3 Beberapa Jenis Polimer Alam dan Sintetis

Polimer	Monomer	Polimerisasi	Sumber/Terdapatnya
Polimer alam:			
1. Protein	Asam amino	Kondensasi	Wol, sutra
2. Amilum	Glukosa	Kondensasi	Beras, gandum
3. Selulosa	Glukosa	Kondensasi	Kayu DNA
4. Asam nukleat	Nukleotida	Kondensasi	RNA
5. Karet alam	Isoprena	Adisi	Getah pohon karet
Polimer sintetis:			
1. Polietilena	Etena	Adisi	Plastik
2. PVC	Vinilklorida	Adisi	Pelapis lantai, pipa
3. Polipropilena	Propena	Adisi	Tali plastik, karung plastik
4. Teflon	Tetrafluoroetilena	Adisi	Gasket, panci antilengket

2. Penggolongan Polimer Berdasarkan Jenis Monomer Pembentuknya

Ditinjau dari jenis monomernya, polimer dibedakan menjadi dua, yaitu:

a. *Homopolimer*, yaitu polimer hasil reaksi monomer yang sejenis.
 Strukturnya adalah: ——————A – A – A – A – A ——————
b. *Kopolimer*, yaitu polimer hasil reaksi monomer-monomer yang lebih dari sejenis.
 Strukturnya adalah: ——————A – B – A – B – A – B ——————

3. Penggolongan Polimer Berdasarkan Sifat Kekenyalannya

Berdasarkan sifat kekenyalannya, polimer dibedakan menjadi:

a. *Polimer termoplastik*, yaitu polimer yang bersifat kenyal (liat) apabila dipanaskan dan dapat dibentuk menurut kehendak kita.
b. *Polimer termoset*, yaitu polimer yang pada mulanya kenyal ketika dipanaskan, tetapi sekali didinginkan tidak dapat dilunakkan lagi sehingga tidak dapat diubah menjadi bentuk lain.

C. Beberapa Polimer Penting

Beberapa polimer penting yang sering dipergunakan dalam kehidupan sehari-hari dapat dilihat pada tabel 5.4 di bawah ini.

Tabel 5.4 Beberapa Polimer yang Sering Digunakan Sehari-hari

Polimer	Monomer	Penggunaan Utama
Polietilena	Etilena, $CH_2 = CH_2$	Film dan lembaran, pipa, objek cetakan, isolasi listrik
Polivinilklorida (PVC)	Vinilklorida, $CH_2 = CHCl$	Film dan lembaran, pipa, objek cetakan, isolasi listrik, piringan hitam, kopolimer dengan vinil asetat untuk lantai
Poliakrilonitril	Akrilonitril, $CH_2 = CHCN$	Serat, misalnya akrilan, orlon
Polimetilmetakrilat (PMMA)	Metilmetakrilat, $CH_2 = C(CH_3)CO_2CH_3$	*Flexiglas*, *lucite*, cat
Teflon	Tetrafluoroetilena, $CF_2 = CF_2$	Objek yang sangat tahan terhadap bahan kimia, salutan alat masak
Nilon–66	Asam adipat	Serat, objek cetakan
Bakelit	$HO\text{-}COCH_2CH_2CH_2CH_2COOH$ Fenol dan formaldehida	Objek cetakan, pernis, lak

Tugas Individu 5.4

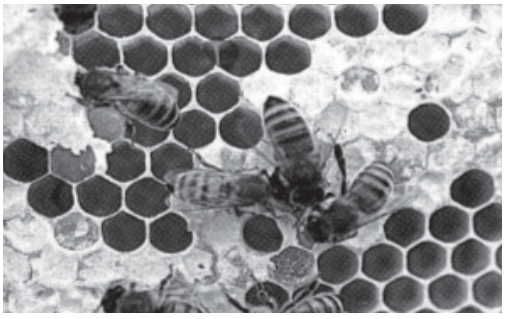
1. Di antara senyawa-senyawa berikut ini, manakah yang dapat membentuk polimer?
 a. Etana
 b. Etanol
 c. 1–butena
 d. Etilen glikol
2. Tuliskan persamaan reaksi polimerisasi dari:
 a. polimetilmetakrilat (PMMA)
 b. teflon

Latihan 5.2

1. Manakah di antara senyawa berikut ini yang dapat membentuk polimer? Tuliskan reaksi polimerisasinya!
 a. Asam propanoat
 b. Suatu campuran etanol dan asam asetat
 c. Suatu campuran gliserol dan asam oksalat
2. Sebuah molekul polipropilena dapat mencapai berat 500.000 sma. Berapa molekul propena diperlukan untuk membentuk molekul polipropilena?
3. Protein merupakan polimer adisi ataukah polimer kondensasi? Jelaskan!
4. Sebutkan kegunaan senyawa-senyawa polimer dalam kehidupan sehari-hari!

5.3 Lemak

Salah satu senyawa organik golongan ester yang banyak terdapat dalam tumbuhan, hewan, atau manusia dan sangat berguna bagi kehidupan manusia adalah lemak (*Fat*). Contoh lemak adalah *wax* (lilin) yang dihasilkan lebah (gambar 5.5). Lemak pada tubuh manusia terutama terdapat pada jaringan bawah kulit di sekitar perut, jaringan lemak sekitar ginjal yang mencapai 90%, sedangkan pada jaringan otak sekitar 7,5 sampai 70%. Lemak yang pada suhu kamar berbentuk cair disebut *minyak*, sedangkan istilah *lemak* biasanya digunakan untuk yang berwujud padat. Lemak umumnya bersumber dari hewan, sedangkan minyak dari tumbuhan. Beberapa contoh lemak dan minyak adalah lemak sapi, minyak kelapa, minyak jagung, dan minyak ikan.

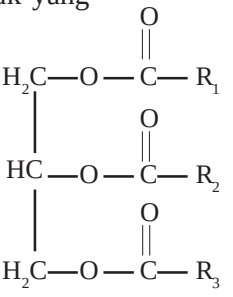


Gambar 5.5 Wax (lilin) yang dihasilkan lebah merupakan salah satu bentuk lemak. (Sumber: *Chemistry and Chemical Reactivity*, Kotz and Purcell 1978, CBS College Publishing New York)

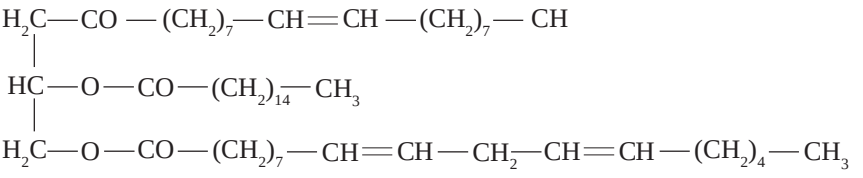
A. Rumus Struktur dan Tata Nama Lemak

Lemak adalah ester dari gliserol dengan asam-asam karboksilat suku tinggi. Asam penyusun lemak disebut *asam lemak*. Asam lemak yang terdapat di alam adalah asam palmitat ($C_{15}H_{31}COOH$), asam stearat ($C_{17}H_{35}COOH$), asam oleat ($C_{17}H_{33}COOH$), dan asam linoleat ($C_{17}H_{29}COOH$).

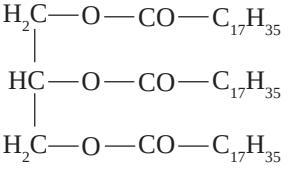
Pada lemak, satu molekul gliserol mengikat tiga molekul asam lemak, oleh karena itu lemak adalah suatu *trigliserida*. Struktur umum molekul lemak seperti terlihat pada ilustrasi di samping.



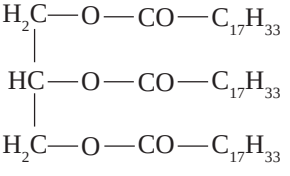
Pada rumus struktur lemak di atas, R_1–COOH, R_2–COOH, dan R_3–COOH adalah molekul asam lemak yang terikat pada gliserol. Ketiga molekul asam lemak itu boleh sama (disebut *asam lemak sederhana*) dan boleh berbeda (disebut *lemak campuran*). Tetapi pada umumnya, molekul lemak terbentuk dari dua atau lebih macam asam lemak. Sebagai contoh, salah satu komponen minyak kapas mempunyai struktur sebagai berikut.



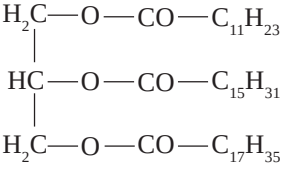
Nama lazim dari lemak adalah *trigliserida*. Penamaan lemak dimulai dengan kata *gliseril* yang diikuti oleh nama asam lemak.
Contoh:



gliseril tristearat
(tristearin)



gliseril trioleat
(triolein)

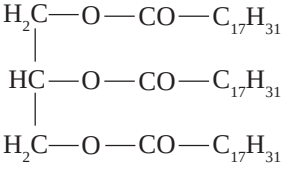


gliseril lauro
palmitostearat

Contoh 5.3

Tuliskan rumus molekul dari gliseril trilinoleat!

Jawab:



Tugas Individu 5.5

Tuliskan rumus struktur dari lemak berikut.
1. Gliseril tripalmitat
2. Gliseril trilinoleat

B. Klasifikasi Lemak Berdasarkan Kejenuhan Ikatan

1. Jenis-jenis Asam Lemak

Sebagaimana pembahasan sebelumnya bahwa molekul lemak terbentuk dari gliserol dan tiga asam lemak. Oleh karena itu, penggolongan lemak lebih didasarkan pada jenis asam lemak penyusunnya. Berdasarkan jenis ikatannya, asam lemak dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

a. Asam lemak jenuh
Asam lemak jenuh, yaitu asam lemak yang semua ikatan atom karbon pada rantai karbonnya berupa ikatan tunggal (jenuh).
Contoh: asam laurat, asam palmitat, dan asam stearat.

b. Asam lemak tak jenuh
Asam lemak tak jenuh, yaitu asam lemak yang mengandung ikatan rangkap pada rantai karbonnya.
Contoh: asam oleat, asam linoleat, dan asam linolenat.

Adapun rumus struktur dan rumus molekul beberapa asam lemak dapat dilihat pada tabel 5.5.

Tabel 5.5 Rumus Struktur dan Rumus Molekul Asam Lemak

Rumus Struktur	Rumus Molekul	Nama Asam Lemak
a. Asam lemak jenuh:		
$CH_3(CH_2)_{10}COOH$	$C_{11}H_{23}COOH$	Asam laurat
$CH_3(CH^2)_{14}COOH$	$C_{15}H_{31}COOH$	Asam palmitat
$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	$C_{17}H_{35}COOH$	Asam stearat
b. Asam lemak tak jenuh:		
$CH_3(CH_2)_7CH{=}CH(CH_2)_7COOH$	$C_{17}H_{33}COOH$	Asam oleat
$CH_3(CH_2)_4CH{=}CHCH_2CH{=}CH(CH_2)_7COOH$	$C_{17}H_{31}COOH$	Asam linoleat
$CH_3CH_2CH{=}CHCH_2CH{=}CHCH_2CH{=}CH(CH_2)_7COOH$	$C_{17}H_{29}COOH$	Asam linolenat

2. Hidrolisis Lemak

Pada pembahasan ester telah dijelaskan bahwa reaksi pembentukan ester dari alkohol dengan asam karboksilat disebut *reaksi pengesteran* (*esterifikasi*). Kebalikan dari reaksi esterifikasi disebut *reaksi hidrolisis ester*.

$$\underset{\text{asam karboksilat}}{R{-}CO{-}OH} + \underset{\text{alkohol}}{R' - OH} \rightarrow \underset{\text{ester}}{R{-}C{-}OR'} + H_2O$$

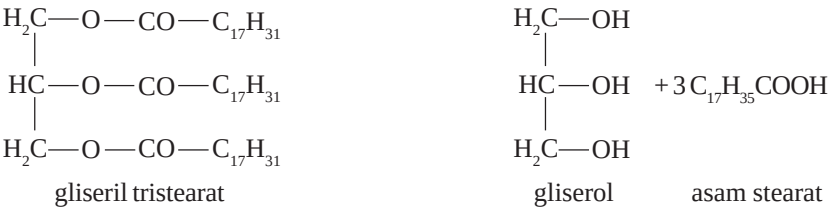
Dengan demikian, hidrolisis lemak menghasilkan gliserol dan asam-asam lemak.

$$\begin{array}{l} H_2C{-}O{-}CO{-}R_1 \\ | \\ HC{-}O{-}CO{-}R_2 \\ | \\ H_2C{-}O{-}CO{-}R_3 \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} H_2C{-}OH \\ | \\ HC{-}OH \\ | \\ H_2C{-}OH \end{array} + 3\,RCOOH$$

Contoh 5.4

Tuliskan reaksi hidrolisis gliseril tristearat!

Jawab:



gliseril tristearat — gliserol — asam stearat

Tugas Individu 5.6

Tuliskan reaksi hidrolisis dari lemak berikut.

a. Gliseril trioleat
b. Gliseril tripalmitat

C. Sifat-Sifat Lemak

1. Sifat Fisis Lemak

hidrolisis →

a. Pada suhu kamar, lemak hewan pada umumnya berupa zat padat, sedangkan lemak dari tumbuhan berupa zat cair.
b. Lemak yang mempunyai titik lebur tinggi mengandung asam lemak jenuh, sedangkan lemak yang mempunyai titik lebur rendah mengandung asam lemak tak jenuh.
 Contoh: Tristearin (ester gliserol dengan tiga molekul asam stearat) mempunyai titik lebur 71 °C, sedangkan triolein (ester gliserol dengan tiga molekul asam oleat) mempunyai titik lebur –17 °C.
c. Lemak yang mengandung asam lemak rantai pendek larut dalam air, sedangkan lemak yang mengandung asam lemak rantai panjang tidak larut dalam air. (*Mengapa*?)
d. Semua lemak larut dalam kloroform dan benzena. Alkohol panas merupakan pelarut lemak yang baik.

Contoh 5.5

Mengapa lemak yang mengandung asam lemak rantai panjang tidak larut dalam air, sedangkan yang mengandung asam lemak rantai pendek larut dalam air?

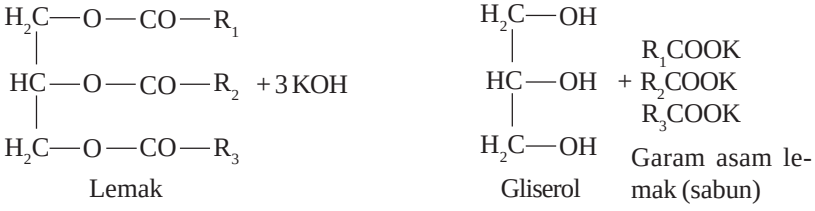
Jawab:

Air adalah suatu pelarut yang bersifat polar, sedangkan semakin panjang rantai karbon asam lemak pada lemak, maka sifat kepolaran lemak tersebut semakin berkurang. Oleh karena itu, lemak yang mengandung asam lemak rantai panjang tidak larut dalam air karena bersifat kurang polar (mendekati nonpolar), sedangkan lemak yang mengandung asam lemak rantai pendek bersifat polar, sehingga larut dalam air yang bersifat polar juga.

2. Sifat Kimia Lemak

a. Reaksi Penyabunan atau Saponifikasi (Latin, *sapo* = sabun)

Pada pembahasan terdahulu telah diketahui bahwa lemak dapat mengalami hidrolisis. Hidrolisis yang paling umum adalah dengan alkali atau enzim lipase. Hidrolisis dengan alkali disebut penyabunan karena salah satu hasilnya adalah garam asam lemak yang disebut sabun
Reaksi umum:



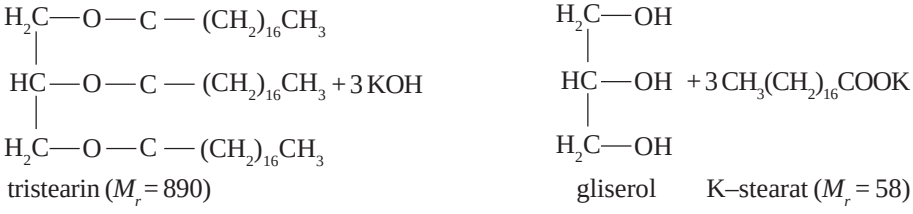
Reaksi hidrolisis berguna untuk menentukan bilangan penyabunan. *Bilangan penyabunan* adalah bilangan yang menyatakan jumlah miligram KOH yang dibutuhkan untuk menyabun satu gram lemak atau minyak. Besar kecilnya bilangan penyabunan tergantung pada panjang pendeknya rantai karbon asam lemak atau dapat juga dikatakan bahwa besarnya bilangan penyabunan tergantung pada massa molekul lemak tersebut.

Bilangan penyabunan sama dengan jumlah miligram kalium hidroksida (KOH) yang dibutuhkan untuk menyabunkan satu gram lemak

Contoh 5.6

Berapakah bilangan penyabunan dari gliseril tristearat atau tristearin?

Jawab:



1 gram tristearin = mol

mol KOH = × = mol

massa KOH yang dibutuhkan = mol KOH × M_r KOH

= mol × 56 g/mol

= 0,18876 gram = 188,76 miligram

Massa KOH yang dibutuhkan adalah 188,76 miligram tiap 1 gram lemak tristearin.
Jadi, bilangan penyabunan lemak tristearin adalah 188,76.

b. Halogenasi

Asam lemak tak jenuh, baik bebas maupun terikat sebagai ester dalam lemak atau minyak mengadisi halogen (I_2 tau Br_2) pada ikatan rangkapnya.

$$-C=C- \; + \; I_2 \qquad \longrightarrow \; -\overset{I}{\underset{|}{C}}-\overset{I}{\underset{|}{C}}-$$

Karena derajat absorpsi lemak atau minyak sebanding dengan banyaknya ikatan rangkap pada asam lemaknya, maka jumlah halogen yang dapat bereaksi dengan lemak dipergunakan untuk menentukan derajat ketidakjenuhan. Untuk menentukan derajat ketidakjenuhan asam lemak yang terkandung dalam lemak, diukur dengan bilangan yodium. *Bilangan yodium* adalah bilangan yang menyatakan banyaknya gram yodium yang dapat bereaksi dengan 100 gram lemak. Yodium dapat bereaksi dengan ikatan rangkap dalam asam lemak. Tiap molekul yodium mengadakan reaksi adisi pada suatu ikatan rangkap. Oleh karena itu makin banyak ikatan rangkap, maka makin besar pula bilangan yodium.

Bilangan yodium sama dengan banyaknya gram yodium yang diadisi oleh 100 gram lemak

~~300~~ →
~~884~~

Contoh 5.7

Hitunglah bilangan yodium dari gliseril trioleat (triolein)!

Jawab:

$$\begin{array}{l} H_2C-O-CO-(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7CH_3 \\ HC-O-CO-(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7CH_3 \\ H_2C-O-CO-(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7CH_3 \end{array} + 3\,I_2 \rightarrow \begin{array}{l} H_2C-O-C-(CH_2)_7CHI-CHI(CH_2)_7CH_3 \\ HC-O-C-(CH_2)_7CHI-CHI(CH_2)_7CH_3 \\ H_2C-O-C-(CH_2)_7CHI-CHI(CH_2)_7CH_3 \end{array}$$

gliseril trioleat (M_r = 884)

100 gram gliseril trioleat = mol

jumlah I_2 yang diperlukan = × mol

= mol

massa I_2 = mol × 254 g/mol

= 86,2 gram

Jadi, bilangan yodium gliseril trioleat adalah 86,2.

c. Hidrogenasi

Sejumlah besar industri telah dikembangkan untuk merubah minyak tumbuhan menjadi lemak padat dengan cara hidrogenasi katalitik (suatu reaksi reduksi). Proses konversi minyak menjadi lemak dengan jalan hidrogenasi kadang-kadang lebih dikenal dengan *proses pengerasan*. Salah satu cara adalah dengan mengalirkan gas hidrogen dengan tekanan ke dalam tangki minyak panas (200 °C) yang mengandung katalis nikel yang terdispersi.

D. Reaksi Pengenalan Lemak

Ada beberapa reaksi pengenalan lemak, antara lain:

1. Uji Akrolein

 Uji akrolein digunakan untuk mengetahui adanya gliserol dalam lemak. Akrolein mudah dikenali dengan baunya yang menusuk dengan kuat. Jika lemak dipanaskan dan dibakar akan tercium bau menusuk disebabkan terbentuknya akrolein.

2. Uji Peroksida

 Uji peroksida bertujuan untuk mengetahui proses ketengikan oksidatif pada lemak yang mengandung asam lemak tak jenuh.

3. Uji Ketidakjenuhan

 Uji ini digunakan untuk membedakan lemak jenuh dan lemak tak jenuh.

E. Penggunaan Lemak dan Minyak dalam Kehidupan Sehari-hari

Lemak atau minyak dapat dimanfaatkan untuk beberapa tujuan, di antaranya sebagai berikut.

1. Sumber energi bagi tubuh

 Lemak dalam tubuh berfungsi sebagai cadangan makanan atau sumber energi. Lemak adalah bahan makanan yang kaya energi. Pembakaran 1 gram lemak menghasilkan sekitar 9 kilokalori.

2. Bahan pembuatan mentega atau margarin

 Lemak atau minyak dapat diubah menjadi mentega atau margarin dengan cara hidrogenasi.

3. Bahan pembuatan sabun

 Sabun dapat dibuat dari reaksi antara lemak atau minyak dengan KOH atau NaOH. Sabun yang mengandung logam Na disebut sabun keras (bereaksi dengan keras terhadap kulit) dan sering disebut sabun cuci. Sedangkan sabun yang mengandung logam K disebut sabun lunak dan di kehidupan sehari-hari dikenal dengan sebutan sabun mandi.

Tugas Individu 5.7

1. Apa yang dimaksud dengan asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh?
2. Mengapa lemak/minyak tidak dapat bercampur dengan air?
3. Apa yang Anda ketahui dengan istilah-istilah berikut.
 a. Reaksi saponifikasi
 b. Bilangan penyabunan
 c. Bilangan yodium
4. Hitunglah bilangan penyabunan dari gliseril tristearat!

Latihan 5.5

1. Apakah perbedaan antara lemak dengan minyak?
2. Mengapa minyak dapat mengalami ketengikan?
3. Apa saja faktor yang mempengaruhi kecepatan proses ketengikan dan bagaimana cara mencegahnya?
4. Tuliskan reaksi penyabunan dari glseril trioleat!
5. Mengapa sabun dapat membersihkan kotoran pakaian yang direndam dalam air, padahal sabun terbuat dari lemak, sedangkan lemak bersifat tidak larut dalam air?
6. Hitunglah bilangan penyabunan dari gliseril tripalmitostearat! Tuliskan reaksinya!

5.4 Karbohidrat

Dalam kehidupan sehari-hari kita melakukan aktivitas. Untuk melakukan aktivitas kita memerlukan energi. Energi yang diperlukan kita peroleh dari makanan yang kita makan. Pada umumnya bahan makanan itu mengandung tiga kelompok utama senyawa kimia, yaitu karbohidrat, protein, dan lemak.
Protein dan lemak juga sebagai sumber energi bagi tubuh kita, tetapi karena sebagian besar makanan terdiri atas karbohidrat, maka karbohidratlah yang terutama merupakan sumber energi bagi tubuh.

Energi yang terkandung dalam karbohidrat itu pada dasarnya berasal dari energi matahari. Karbohidrat, dalam hal ini glukosa, dibentuk dari karbon dioksida dan air dengan bantuan sinar matahari dan klorofil dalam daun. Selanjutnya glukosa yang terjadi diubah menjadi amilum dan disimpan pada bagian lain, misalnya pada buah atau umbi. Proses pembentukan glukosa dari karbon dioksida dan air disebut fotosintesis yang secara garis besar reaksinya dapat dituliskan sebagai:

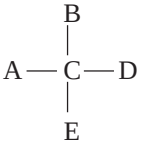
$$6\,CO_2 + 6\,H_2O \xrightarrow[\text{klorofil}]{\text{sinar matahari}} \underset{\text{glukosa}}{C_6H_{12}O_6} + 6\,O_2$$

Karbohidrat dapat didefinisikan sebagai polihidroksialdehida atau polihidroksiketon serta senyawa yang menghasilkannya pada proses hidrolisis. Molekul karbohidrat terdiri atas atom-atom karbon, hidrogen, dan oksigen dengan perbandingan atom hidrogen dan oksigen adalah 2:1.

A. Struktur Karbohidrat

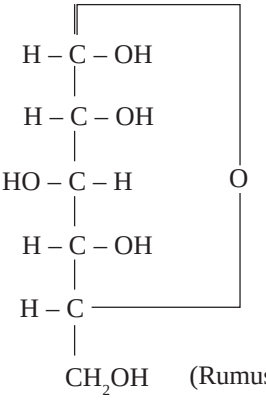
Pada senyawa yang termasuk karbohidrat terdapat gugus fungsi, yaitu gugus –OH, gugus aldehida atau gugus keton. Struktur karbohidrat selain mempunyai hubungan dengan sifat kimia yang ditentukan oleh gugus fungsi, ada pula hubungannya dengan sifat fisika, dalam hal ini aktivitas optik.

1. Rumus Fischer

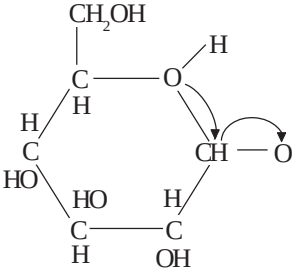


Keterangan:
- Garis horizontal: ikatan yang terdapat di muka bidang kertas.
- Garis vertikal: ikatan yang terdapat di sebelah belakang bidang kertas.

2. Rumus Haworth



D-glukosa
(Rumus Proyeksi Fischer)



D-glukosa
(Rumus Haworth)

3. Aktivitas Optik

Senyawa yang dapat menyebabkan terjadinya pemutaran cahaya terpolarisasi dikatakan mempunyai aktivitas optik. Senyawa yang memutar cahaya terpolarisasi ke kanan diberi tanda + atau d (dekstro), sedangkan yang memutar cahaya terpolarisasi ke kiri diberi tanda – atau l (levo).

4. Konfigurasi Molekul

a. D jika atom C asimetrik yang terjauh dari gugus fungsi mengikat gugus OH di sebelah kanan.
b. L jika atom C asimetrik yang terjauh dari gugus fungsi mengikat gugus –OH di sebelah kiri.

B. Penggolongan Karbohidrat

1. Monosakarida

Monosakarida adalah karbohidrat yang sederhana, dalam arti molekulnya hanya terdiri atas beberapa atom karbon saja dan tidak dapat diuraikan dengan cara hidrolisis dalam kondisi lunak menjadi karbohidrat lain. Monosakarida yang paling sederhana ialah gliseraldehida dan dihidroksiaseton.

Berikut ini beberapa contoh monosakarida.

a. Glukosa
 Glukosa adalah suatu aldoheksosa dan sering disebut dekstrosa karena mempunyai sifat dapat memutar cahaya terpolarisasi ke arah kanan.
b. Fruktosa
 Fruktosa adalah suatu ketoheksosa yang mempunyai sifat memutar cahaya terpolarisassi ke kiri, karenanya disebut juga levulosa.
c. Galaktosa
 Galaktosa mempunyai sifat memutar bidang cahaya terpolarisasi ke kanan.
d. Pentosa
 Beberapa pentosa yang penting, di antaranya ialah arabinosa, xilosa, ribosa, dan 2– deoksiribosa.

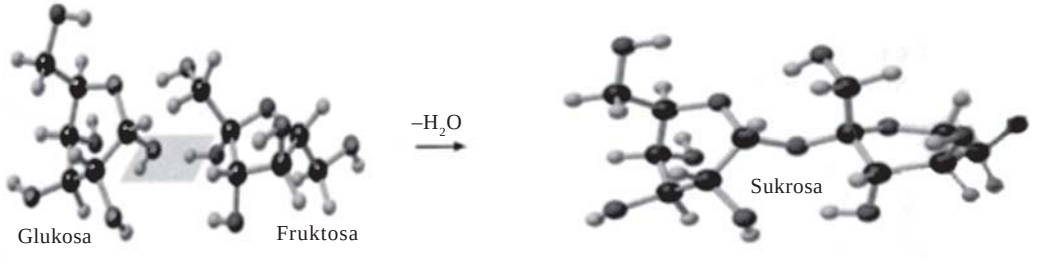
2. Oligosakarida

Senyawa yang termasuk oligosakarida mempunyai molekul yang terdiri atas beberapa molekul monosakarida.

a. Disakarida : terbentuk dari dua monosakarida.
b. Trisakarida : terbentuk dari tiga monosakarida.
c. Tetrasakarida : terbentuk dari empat monosakarida.

Berikut ini beberapa contoh senyawa yang termasuk oligosakarida.

a. Sukrosa
 Glukosa dan fruktosa jika direaksikan menghasilkan sukrosa. Sukrosa dapat memutar cahaya terpolarisasi ke kanan.



Gambar 5.6 Terbentuknya sukrosa dari reaksi antara glukosa dengan fruktosa.
(Sumber: *Chemistry, The Moleculer Nature of Matter and Change, Martin S. Silberberg, USA)*

b. Laktosa
 Dengan hidrolisis laktosa akan menghasilkan D-galaktosa dan D-glukosa.

c. Maltosa
Maltosa adalah suatu disakarida yang terbentuk dari dua molekul glukosa.
d. Rafinosa
Rafinosa adalah suatu trisakarida yang jika dihidrolisis akan menghasilkan galaktosa, glukosa, dan fruktosa.

3. Polisakarida

Pada umunya polisakarida mempunyai molekul besar dan lebih kompleks daripada mono dan oligosakarida. Molekul polisakarida terdiri atas banyak molekul monosakarida. Polisakarida yang terdiri atas satu macam monosakarida saja disebut *homopolisakarida*, sedangkan yang mengandung senyawa lain disebut *heteropolisakarida*.
Adapun contoh senyawa homopolisakarida adalah:
a. Amilum
Amilum terdiri atas 250 – 300 unit D–glukosa yang terikat dengan ikatan 1,4 – glikosidik, jadi molekulnya merupakan rantai terbuka.
b. Glikogen
Glikogen jika dihidrolisis juga akan menghasilkan D–glukosa.
c. Selulosa
Selulosa adalah suatu disakarida yang terdiri atas dua molekul glukosa yang berikatan glikosidik antara atom karbon 1 dengan atom karbon 4. Dengan asam encer tidak dapat terhidrolisis, tetapi oleh asam dengan konsentrasi tinggi dapat terhidrolisis menjadi selobiosa dan D–glukosa.

Sedangkan contoh senyawa heteropolisakarida adalah mukopolisakarida. *Mukopolisakarida* adalah suatu heteropolisakarida, yaitu polisakarida yang terdiri atas dua jenis derivat monosakarida. Derivat monosakarida yang membentuk mukopolisakarida tersebut adalah gula amino dan asam uronat.

C. Hidrolisis Disakarida dan Polisakarida

Pemecahan (hidrolisis) molekul gula, pati, dan selulosa yang kompleks menjadi molekul monosakarida mudah dilakukan dalam laboratorium dengan cara mendidihkan larutan atau suspensi karbohidrat dengan larutan encer asam. Maltosa, pati, dan selulosa hanya membentuk glukosa pada hidrolisis sempurna.

$$\underset{\text{Maltosa}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \rightarrow \underset{\text{Glukosa}}{2\,C_6H_{12}O_6}$$

$$\underset{\text{Selulosa}}{(C_6H_{10}O_5)_x} + x\,H_2O \rightarrow \underset{\text{Glukosa}}{x\,C_6H_{12}O_6}$$

Sukrosa menghasilkan fruktosa dan glukosa sama banyak dalam hidrolisis.

$$\underset{\text{Sukrosa}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \rightarrow \underset{\text{Glukosa}}{2\,C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Fruktosa}}{2\,C_6H_{12}O_6}$$

Karena sukrosa memutar cahaya terpolarisasi ke kanan dan campuran hidrolisis itu memutar ke kiri, maka campuran glukosa-fruktosa yang dihasilkan disebut *gula inversi*. Campuran ini lebih manis daripada sukrosa dan juga tidak mudah mengkristal, bahkan di dalam larutan pekat sekalipun, sehingga lebih disukai daripada sukrosa untuk membuat kembang gula dan selai.

Dalam membuat selai, asam-asam dari buah mengkatalisis hidrolisis sukrosa menjadi gula inversi. Karena itu penting untuk menambahkan seluruh gula pada awal pembuatan. Dalam pembuatan kembang gula, susu mentega (sisa susu setelah mentega diambil), cuka, atau krim tartar kadang-kadang ditambahkan sebagai katalis asam untuk hidrolisis itu.

D. Selulosa dan Modifikasi Kimianya

Selulosa merupakan bagian kayu dari tumbuhan dan terdapat dalam semua sel tumbuhan. Dalam kayu itu sendiri, molekul panjang selulosa terletak dalam baris-baris paralel untuk membentuk serat-serat kayu, serat-serat itu terikat bersama-sama oleh zat organik yang lengket yang disebut *lignin.*

1. Kertas

Dalam membuat kertas, kayu dipotong kecil-kecil dan dimasak dalam kalsium bisulfit atau bahan kimia lain untuk melarutkan ligninnya. Selulosa itu diambil dengan penyaringan, diputihkan dengan klor atau hidrogen peroksida, H_2O_2 dan kemudian diberi bobot, diukur, dan dilewatkan penggulung menjadi lembaran.

2. Rayon

Kebanyakan rayon dibuat dengan *proses viscose*. Selulosa murni diperoleh dari kayu dengan proses yang diuraikan di atas dan diolah dengan natrium hidroksida dalam air dan karbon disulfida, cairan kental mirip sirup itu disebut *viscose.* Setelah diperam dan disaring, viscose dipaksa menerobos lubang-lubang dari suatu alat pintal kecil ke kolam asam sulfat. Cara ini mengendapkan selulosa sebagai benang-benang sinambung yang dikumpulkan dan dipuntir menjadi benang rayon.

3. Selulosa Nitrat dan Selulosa Asetat

Tiap satuan glukosa dalam sebuah molekul selulosa mengandung tiga gugus hidroksil. Bila selulosa bereaksi dengan asam nitrat pekat dengan hadirnya asam sulfat, satu, dua, atau tiga gugus hidroksil ini akan diganti dengan gugus nitrat, $–ONO_2$, sehingga terbentuk ester *selulosa nitrat.*

Jika selulosa diolah dengan asam asetat dan asam sulfat, atau dengan anhidrida asetat, gugus hidroksil digantikan oleh gugus asetat dan terbentuk *selulosa asetat.* Ini digunakan untuk pembuatan rayon asetat dan film potret.

(Keenan, dkk, 1999: 419 – 420)

E. Reaksi Pengenalan Karbohidrat

1. Uji Molisch

 Dengan cara meneteskan larutan alfanaftol pada larutan atau suspensi karbohidrat, kemudian asam sulfat pekat secukupnya, sehingga terbentuk dua lapisan cairan dengan batas kedua lapisan berwarna merah-ungu.

2. Gula Pereduksi

 Monosakarida dan disakarida (kecuali sukrosa) dapat ditunjukkan dengan pereaksi Fehling atau pereaksi Benedict.

3. Uji Iodin

 Polisakarida penting, seperti amilum, glikogen, dan selulosa dapat ditunjukkan dengan cara ditetesi larutan iodin sehingga terbentuk warna biru-ungu untuk amilum, cokelat merah untuk glikogen, dan cokelat untuk selulosa.

Latihan 5.6

1. Apakah yang dimaksud dengan karbohidrat? Tuliskan rumus strukturnya!
2. Suatu karbohidrat tertentu tidak banyak larut dalam air, tidak mempunyai rasa manis, tetapi larut perlahan-lahan bila dipanaskan dengan HCl encer. Termasuk kelompok manakah karbohidrat ini? Mengapa?
3. Apakah glukosa dan fruktosa merupakan gula isomer satu sama lain? Mengapa? Apakah sifat kimia mereka berbeda secara bermakna? Mengapa?
4. Mengapa kelarutan glukosa dalam air tinggi dan kelarutan hidrokarbon induknya rendah?
5. Mengapa karbohidrat memiliki aktivitas optik?
6. Meskipun (+) glukosa dan (–) glukosa merupakan senyawa isomer, sifat kimia dan fisika mereka yang biasa adalah sama. Mengapa?
7. Satu gram gula, pati, atau karbohidrat kering lain memerlukan sekitar 1 liter oksigen untuk oksidasi sempurna. Di pihak lain, 1 gram minyak nabati atau lemak kering lain memerlukan sekitar 2 liter.
 a. Mengapa berdasarkan komposisi karbohidrat dan lemak?
 b. Sementara ini diandaikan bahwa mineral, lilin parafin, dan bahan hidrokarbon lain adalah makanan. Akankah senyawa-senyawa tersebut mengandung kalori yang lebih rendah per satuan bobot daripada minyak nabati? Mengapa?
 Diskusikan faktor yang mencegah hidrokarbon menjadi makanan untuk manusia!

5.5 Protein

Anak-anak yang masih kecil biasanya sering dianjurkan oleh para ibu supaya banyak makan telur agar cepat tumbuh besar. Mengapa? Telur merupakan makanan yang banyak mengandung protein.

Dalam kehidupan, protein memegang peranan yang penting. Proses kimia dalam tubuh dapat berlangsung dengan baik karena adanya *enzim*, suatu protein yang berfungsi sebagai biokatalis.

Kita memperoleh protein dari hewan atau tumbuhan. Protein yang berasal dari hewan disebut *protein hewani*, sedangkan yang berasal dari tumbuhan disebut *protein nabati*.

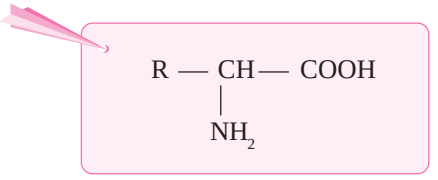
Tumbuhan memperoleh protein dari CO_2, H_2O, dan senyawa nitrogen. Hewan yang makan tumbuhan mengubah protein nabati menjadi protein hewani. Di samping untuk pembentukan sel-sel tubuh, protein juga dapat digunakan sebagai sumber energi apabila tubuh kita kekurangan karbohidrat dan lemak.

Protein merupakan polimer dari sekitar 20 jenis asam -amino. Massa molekul relatifnya berkisar antara 6.000 sampai jutaan. Unsur utama penyusun protein adalah C, H, O, dan N. Banyak juga protein yang mengandung belerang (S), dan fosfor (P) dalam jumlah sedikit. Ada juga beberapa protein yang mengandung besi, mangan, tembaga, dan iodin.

A. Asam Amino

Asam amino ialah asam karboksilat yang mempunyai gugus amino ($-NH_2$). Meskipun ratusan asam amino telah disintesis, hanya 20 yang telah diperoleh dengan hidrolisis protein. Rumus umum asam amino adalah:

α

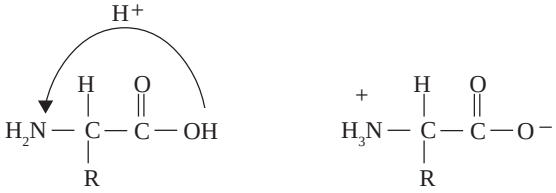


Gugus R adalah gugus pembeda antara asam amino yang satu dengan asam amino yang lain. Ada asam amino yang hidrofob (seperti glisin dan alanin), hidrofil (contohnya tirosin, lisin, dan asam glutamat), ada yang bersifat asam (asam glutamat), bersifat basa (lisin), dan ada pula yang mengandung belerang (sistein) atau cincin aromatik (tirosin). Gugus R asam amino tersebut sangat berperan dalam menentukan struktur, kelarutan, serta fungsi biologis dari protein.

Asam amino mempunyai beberapa sifat, antara lain:

1. Larut dalam air dan pelarut polar lain.
2. Tidak larut dalam pelarut nonpolar, seperti benzena dan dietil eter.
3. Mempunyai titik lebur lebih besar dibanding senyawa karboksilat dan amina.
4. Mempunyai momen dipol besar.
5. Bersifat elektrolit:
 a. kurang basa dibanding amina
 b. kurang asam dibanding karboksilat

6. Bersifat amfoter
 Karena mempunyai gugus asam dan gugus basa. Jika asam amino direaksikan dengan asam maka asam amino akan menjadi suatu anion, dan sebaliknya jika direaksikan dengan basa maka akan menjadi kation.
7. Dalam larutan dapat membentuk *ion zwitter*
 Karena asam amino memiliki gugus karboksil (–COOH) yang bersifat asam dan gugus amino ($–NH_2$) yang bersifat basa, maka asam amino dapat mengalami reaksi asam-basa intramolekul membentuk suatu ion dipolar yang disebut *ion zwitter.*



Asam amino Ion zwitter

8. Mempunyai kurva titrasi yang khas.
9. Mempunyai *p*H isoelektrik, yaitu *p*H pada saat asam amino tidak bermuatan. Di bawah titik isoelektriknya, asam amino bermuatan positif dan sebaliknya di atasnya bermuatan negatif.

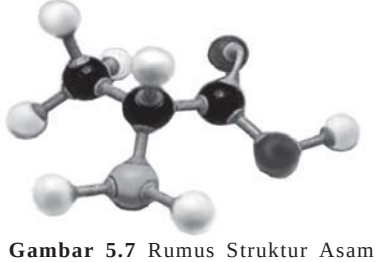
B. Penggolongan Asam Amino

Ditinjau dari segi pembentuknya, asam amino dapat dibagi dalam dua golongan, yaitu asam amino yang tidak dapat dibuat dalam tubuh (*asam amino esensial*) dan asam amino yang dapat dibuat dalam tubuh (*asam amino nonesensial*).

Asam amino esensial berjumlah sepuluh, yaitu valin, leusin, isoleusin, treonin, lisin, metionin, fenilalanin, triptofan, histidin, dan arginin. Sedangkan beberapa asam amino nonesensial, antara lain glisin, alanin, serin, asam glutamat, tirosin, sistein, dan prolin. Rumus struktur asam amino alanin seperti tampak pada gambar 5.7.

Ditinjau dari strukturnya, asam amino dibagi dalam tujuh kelompok, yaitu asam amino dengan rantai samping yang:

1. merupakan rantai karbon yang alifatik
2. mengandung gugus hidroksil
3. mengandung atom belerang
4. mengandung gugus asam atau amidanya
5. mengandung gugus basa
6. mengandung cincin aromatik
7. membentuk ikatan dengan atom N pada gugus amino



Gambar 5.7 Rumus Struktur Asam Amino Alanin (Sumber: *Chemistry and Chemical Reactivity*, Kotz and Purcell 1978, CBS College Publishing New York)

Tugas Individu 5.8

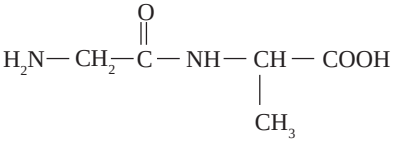
1. Apa yang dimaksud dengan asam amino? Apa hubungan antara asam amino dengan protein?
2. Apa yang dimaksud dengan ion zwitter dan mengapa asam amino bisa membentuk ion zwitter?
3. Mengapa asam amino mempunyai *p*H isoelektrik?
4. Sebutkan perbedaan antara asam amino esensial dan asam amino nonesensial!
5. Carilah di literatur kimia tentang asam amino esensial, kemudian tuliskan rumus strukturnya!

C. Peptida

1. Tata Nama

Nama peptida diberikan berdasarkan atas jenis asam amino yang membentuknya. Asam amino yang gugus karboksilnya bereaksi dengan gugus $-NH_2$ diberi akhiran –il pada namanya, sedangkan urutan penamaan didasarkan pada urutan asam amino, dimulai dari asam amino ujung yang masih mempunyai gugus $-NH_2$.

Contoh:



Glisilalanin

2. Sifat Peptida

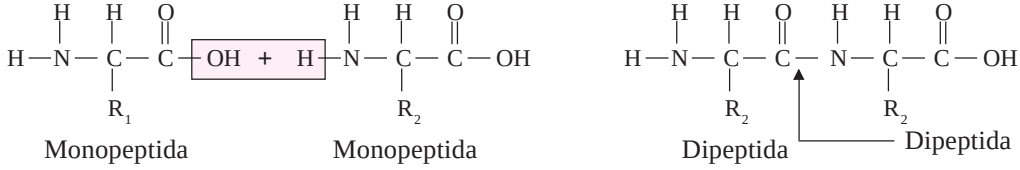
Sifat peptida ditentukan oleh gugus $-NH_2$, gugus –COOH, dan gugus R. Sifat asam dan basa ditentukan oleh gugus –COOH dan $-NH_2$, namun pada peptida rantai panjang, gugus –COOH dan $-NH_2$ tidak lagi berpengaruh. Suatu peptida juga mempunyai titik isoelektrik seperti pada asam amino.

3. Analisis dan Sintesis Peptida

Untuk memperoleh informasi tentang peptida tidak cukup dengan mengetahui jenis dan banyaknya molekul asam amino yang membentuk peptida, tetapi diperlukan keterangan tentang urutan asam- asam amino dalam molekul peptida. Salah satu cara untuk menentukan urutan asam amino ialah *degradasi Edman* yang terdiri atas dua tahap reaksi, yaitu reaksi pertama ialah reaksi antara peptida dengan fenilisotiosianat dan reaksi kedua ialah pemisahan asam amino ujung yang telah bereaksi dengan fenilisotiosianat. Cara lain adalah sintesis fasa padat.

D. Protein

Protein ialah suatu polipeptida yang mempunyai bobot molekul yang sangat bervariasi, dari 5.000 hingga lebih dari satu juta. Protein terbentuk dari ikatan antarmolekul asam amino (disebut *ikatan peptida*). Dua molekul asam amino dapat berikatan (berkondensasi) dengan melepas molekul air sebagai berikut.

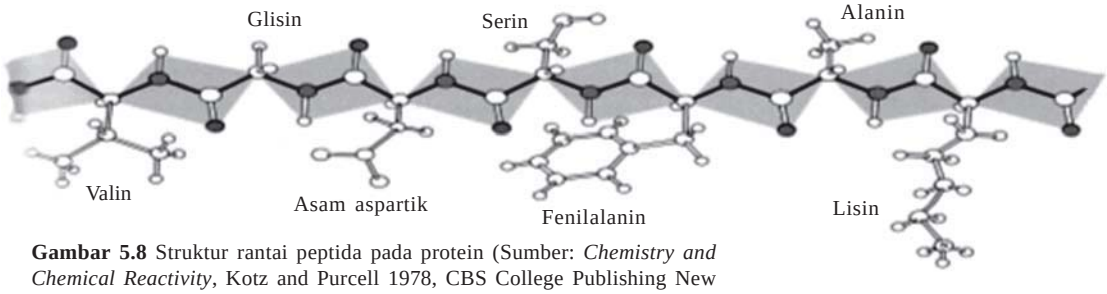


Contoh ikatan peptida antar asam amino membentuk protein seperti terlihat pada gambar 5.8.

1. Struktur Protein

Ada empat tingkat struktur dasar protein, yaitu:

a. Struktur primer, yang menunjukkan jumlah, jenis, dan urutan asam amino dalam molekul protein. Struktur primer juga menunjukkan ikatan peptida yang urutannya diketahui.
b. Struktur sekunder.
c. Struktur tersier, yang menunjukkan kecenderungan polipeptida membentuk lipatan atau gulungan, dan dengan demikian membentuk struktur yang lebih kompleks. Struktur ini dimantapkan oleh adanya ikatan antara gugus R pada molekul asam amino yang membentuk protein.
d. Struktur kuartener, yang menunjukkan derajat persekutuan unit- unit protein.



Gambar 5.8 Struktur rantai peptida pada protein (Sumber: *Chemistry and Chemical Reactivity*, Kotz and Purcell 1978, CBS College Publishing New York)

2. Penggolongan Protein

Ditinjau dari stukturnya, protein dibagi menjadi dua golongan besar, yaitu golongan protein sederhana dan protein gabungan. Protein sederhana dapat dibagi dalam dua bagian menurut bentuk molekulnya, yaitu protein fiber dan protein globular.

3. Sifat – sifat Protein

a. Ionisasi
b. Denaturasi
c. Viskositas
d. Kristalisassi
e. Sistem koloid

4. Reaksi – reaksi Pengenalan Protein

a. Uji Biuret

Uji ini digunakan untuk mengetahui adanya protein. Zat yang akan diselidiki mula-mula ditetesi larutan NaOH, kemudian larutan $CuSO_4$ yang encer. Jika terbentuk warna ungu, berarti zat itu mengandung protein. Uji biuret positif bagi semua zat yang mengandung ikatan peptida.

b. Uji Xantoproteat

Uji ini digunakan terhadap protein yang mengandung gugus fenil (cincin benzena). Jika protein yang mengandung cincin benzena dipanaskan dengan asam nitrat pekat, maka terbentuk warna kuning yang kemudian menjadi jingga bila dibuat alkalis (basa) dengan larutan NaOH.

c. Uji Belerang

Untuk mengetahui ada tidaknya unsur belerang dalam suatu protein, mula-mula larutan protein dengan larutan NaOH pekat (+ 6 *M*) dipanaskan, kemudian diberi beberapa tetes larutan timbal asetat. Jika terbentuk endapan hitam (PbS), maka itu menunjukkan adanya belerang.

Latihan 5.7

1. Apa yang dimaksud dengan ikatan peptida? Mengapa antar asam amino dapat membentuk ikatan peptida?
2. Sebutkan macam-macam struktur protein dan dasar pengelompokannya!
3. Apa yang dimaksud dengan denaturasi? Mengapa protein dapat mengalami denaturasi?
4. Pembelahan sempurna dengan hidrolisis ikatan peptida dalam suatu protein mengakibatkan terbentuknya senyawa-senyawa tipe apa? Zat-zat apa yang akan mengkatalisis hidrolisis ini?
5. Tunjukkan bagaimana molekul sistein, $HSCH_2CHNH_2CO_2H$ mungkin digabung menjadi sebuah molekul protein. Nyatakan ikatan peptida dalam struktur proteinnya!
6. Apakah sebuah molekul protein dapat dianalisis komponen penyusunnya? Jika dapat, apa yang diartikan dengan urutan asam amino?

Rangkuman

1. Benzena dengan rumus molekul C_6H_6 adalah senyawa siklik dengan enam atom karbon yang tergabung dalam cincin, di mana setiap atom karbon terhibridisasi sp^2 dan cincinnya adalah planar.
2. Benzena mempunyai tiga jenis keisomeran yang ditandai dengan awalan orto (*o*), meta (*m*), dan para (*p*). Awalan orto (*o*) menunjukkan bahwa kedua substituen itu 1,2 satu sama lain dalam suatu cincin benzena; meta (*m*) menandai hubungan 1,3; dan para (*p*) berarti hubungan 1,4.
3. Reaksi pada benzena, antara lain halogenasi, nitrasi, alkilasi, asilasi, dan sulfonasi.
4. Polimer adalah molekul raksasa atau makromolekul. Polimer terbentuk dari gabungan rantai molekul-molekul sederhana (monomer) yang sangat panjang sekali. Reaksi pembentukan polimer dikenal dengan sebutan polimerisasi.
5. Reaksi pembentukan polimer dikelompokkan menjadi dua, yaitu polimerisasi adisi dan polimerisasi kondensasi.
6. Polimer dapat digolongkan berdasarkan asal, jenis monomer pembentuk, dan sifat kekenyalan.
7. Polimer banyak dipergunakan dalam kehidupan sehari-hari, antara lain PVC untuk pipa air PAM, plastik, karet sintetis, dan teflon untuk panci tahan panas.
8. Lemak adalah ester dari gliserol dengan asam-asam karboksilat suku tinggi. Asam penyusun lemak disebut asam lemak.

 Contoh asam lemak yang terdapat di alam adalah asam palmitat ($C_{15}H_{31}COOH$), asam stearat ($C_{17}H_{35}COOH$), asam oleat ($C_{17}H_{33}COOH$), dan asam linoleat ($C_{17}H_{29}COOH$).
9. Berdasarkan jenis ikatannya, asam lemak dikelompokkan menjadi dua, yaitu:
 a. Asam lemak jenuh

 Asam lemak jenuh, yaitu asam lemak yang semua ikatan atom karbon pada rantai karbonnya berupa ikatan tunggal (jenuh).

 Contoh: asam laurat, asam palmitat, dan asam stearat.
 b. Asam lemak tak jenuh

 Asam lemak tak jenuh, yaitu asam lemak yang mengandung ikatan rangkap pada rantai karbonnya.

 Contoh: asam oleat, asam linoleat, dan asam linolenat.
10. Bilangan penyabunan adalah bilangan yang menyatakan jumlah miligram KOH yang dibutuhkan untuk menyabun satu gram lemak atau minyak. Besar kecilnya bilangan penyabunan tergantung pada panjang pendeknya rantai karbon asam lemak
11. Bilangan yodium adalah bilangan yang menyatakan banyaknya gram yodium yang dapat bereaksi dengan 100 gram lemak. Yodium dapat bereaksi dengan ikatan rangkap dalam asam lemak. Tiap molekul yodium mengadakan reaksi adisi pada suatu ikatan rangkap. Oleh karena itu makin banyak ikatan rangkap, maka makin besar pula bilangan yodium
12. Uji pengenalan lemak, antara lain uji akrolein, peroksida, dan ketidakjenuhan.

13. Karbohidrat dapat didefinisikan sebagai polihidroksialdehida atau polihidroksiketon serta senyawa yang menghasilkannya pada proses hidrolisis. Molekul karbohidrat terdiri atas atom-atom karbon, hidrogen, dan oksigen dengan perbandingan atom hidrogen dan oksigen adalah 2 : 1.
14. Karbohidrat dapat digolongan menjadi:
 a. Monosakarida, yaitu karbohidrat sederhana yang molekulnya hanya terdiri atas beberapa atom karbon saja dan tidak dapat diuraikan dengan cara hidrolisis dalam kondisi lunak menjadi karbohidrat lain.
 Contoh: glukosa, fruktosa, dan galaktosa.
 b. Oligosakarida, yaitu karbohidrat yang molekulnya terdiri atas beberapa molekul monosakarida.
 - Disakarida : terbentuk dari dua monosakarida.
 - Trisakarida : terbentuk dari tiga monosakarida.
 - Tetrasakarida : terbentuk dari empat monosakarida.

 Contoh: sukrosa, laktosa, maltosa, dan rafinosa.
 c. Polisakarida, yaitu karbohidrat yang molekulnya terdiri atas banyak molekul monosakarida. Polisakarida yang terdiri atas satu macam monosakarida saja disebut homopolisakarida, sedangkan yang mengandung senyawa lain disebut heteropolisakarida.
 Contoh: amilum, glikogen, dan selulosa.
15. Uji pengenalan karbohidrat, antara lain uji Molisch, gula pereduksi, dan uji iodin.
16. Protein merupakan polimer dari sekitar 20 jenis asam α-amino. Massa molekul relatifnya berkisar antara 6.000 sampai jutaan. Unsur utama penyusun protein adalah C, H, O, dan N. Banyak juga protein yang mengandung belerang (S), dan fosfor (P) dalam jumlah sedikit.
17. Asam amino ialah asam karboksilat yang mempunyai gugus amino ($-NH_2$).
18. Ditinjau dari segi pembentuknya, asam amino dapat dibagi dalam dua golongan, yaitu asam amino yang tidak dapat dibuat dalam tubuh (asam amino esensial) dan asam amino yang dapat dibuat dalam tubuh (asam amino nonesensial).
19. Ditinjau dari stukturnya, protein dibagi menjadi dua golongan besar, yaitu golongan protein sederhana dan protein gabungan. Protein sederhana dapat dibagi dalam dua bagian menurut bentuk molekulnya, yaitu protein fiber dan protein globular
20. Uji pengenalan protein meliputi uji biuret, uji xantoproteat, dan uji belerang.

Uji Kompetensi

I. Berilah tanda silang (X) huruf A, B, C, D, atau E pada jawaban yang paling benar!

1. Nama lain dari dimetil benzena adalah
 A. toluena
 B. etilbenzena
 C. xilena
 D. benzil metana
 E. fenil metana
2. Manakah dari zat di bawah ini yang ***bukan*** merupakan senyawa aromatik?
 A. benzena
 B. fenol
 C. toluena
 D. anilina
 E. sikloheksana
3. Kresol (metil fenol) mempunyai isomer sebanyak
 A. 2
 B. 3
 C. 4
 D. 5
 E. 6
4. Senyawa berikut yang dalam air bersifat asam adalah
 A. C_6H_5OH
 B. C_2H_5OH
 C. C_3H_7OH
 D. CH_3OH
 E. $C_6H_{13}OH$
5. Jika air bromin masing-masing diteteskan pada alkena dan benzena, maka
 A. alkena dan benzena mengalami adisi
 B. alkena dan benzena mengalami substitusi
 C. alkena mengalami adisi, benzena mengalami substitusi
 D. alkena mengalami substitusi, benzena mengalami adisi
 E. alkena dan benzena tidak bereaksi apa-apa
6. Perbedaan antara alkanol (alkohol alifatik) dengan fenol (alkohol aromatik) adalah
 A. fenol bereaksi dengan NaOH, alkanol tidak
 B. alkanol bereaksi dengan NaOH, fenol tidak
 C. fenol bereaksi dengan logam Na, alkanol tidak
 D. fenol tidak bereaksi dengan NaOH jika ada alkanol
 E. alkanol tidak bereaksi dengan logam natrium jika ada fenol
7. Suatu senyawa larut dalam air, mengubah lakmus biru menjadi merah, mengandung ikatan rangkap C = C, dan tidak mudah mengalami adisi. Kemungkinan senyawa itu adalah
 A. asam asetat
 B. asam oleat
 C. toluena
 D. asam butirat
 E. fenol

8. Jika benzaldehida dioksidasi akan terbentuk
 A. fenol
 B. asam benzoat
 C. asam benzena sulfonat
 D. toluena
 E. stirena
9. Oksidasi kuat dari *p*-dimetilbenzena akan menghasilkan
 A. asam benzoat
 B. fenol
 C. asam tereftalat
 D. asam salisilat
 E. *p*-dihidroksibenzena
10. Oksidasi sempurna senyawa toluena akan menghasilkan
 A. fenol
 B. anilin
 C. benzaldehida
 D. asam benzoat
 E. nitrobenzena
11. Benzena dan toluena dikenal sebagai senyawa golongan
 A. alkena
 B. aromatik
 C. alkana
 D. sikloalkana
 E. parafin
12. Bila gas klorin dialirkan pada toluena yang mendidih akan dihasilkan
 A. benzil klorida
 B. fenil klorida
 C. *o*-klor toluena
 D. *p*-klor toluena
 E. *m*-klor toluena
13. Oksidasi kuat dari *p*-dimetilbenzena menghasilkan
 A. suatu asam monoprotik
 B. fenol
 C. *p*-dihidroksibenzena
 D. suatu dialkohol
 E. suatu asam diprotik
14. Manakah dari senyawa berikut yang ***bukan*** merupakan monomer dari plastik?
 A. formaldehida
 B. etilklorida
 C. vinilklorida
 D. vinilbenzena
 E. etena
15. Polipropilena adalah salah satu jenis plastik yang monomernya adalah
 A. $CH_3–CH(CH_3)–CH_3$
 B. $CH_2=CH–CH_3$
 C. $CH\equiv C–CH_3$
 D. $CH_2=C(CH_3)–CH_3$
 E. $CH_3–CH_2–CH_3$
16. Polivinilklorida adalah plastik hasil polimerisasi dari
 A. ClHC = CHCl
 B. $ClHC = CCl_2$
 C. $Cl_2C = CCl_2$
 D. $H_2C = CHCl$
 E. $H_2C = CCl_2$
17. Senyawa berikut yang ***bukan*** monomer untuk pembuatan plastik adalah
 A. isoprena
 B. vinilklorida
 C. stirena
 D. propilena
 E. tetrafluoroetilena

18. Manakah satu di antara zat berikut yang ***bukan*** merupakan polimer?
 A. plastik
 B. karet
 C. nilon
 D. sutra
 E. lemak

19. Berikut ini lima macam hasil polimer.
 1) Polivinilklorida
 2) Poliisoprena
 3) Polietilena
 4) Selulosa
 5) Polivinil asetat

 Yang termasuk polimer alam adalah
 A. 1, 2, dan 3
 B. 1 dan 3
 C. 2 dan 4
 D. 4
 E. 3, 4, dan 5

20. Manakah satu di antara senyawa berikut yang paling mungkin sebagai monomer dalam suatu polimerisasi adisi?
 A. $HOCH_2CH_2COOH$
 B. $CH_3CH_2CH_2NH_2$
 C. CH_3CH_2COOH
 D. CH_3CH_2COCl
 E. $CH_3CH{=}CH_2$

21. Manakah satu di antara senyawa berikut yang dapat berpolimerisasi kondensasi dengan suatu dialkohol, seperti 1,2-etanadiol (etilen glikol)?
 A. $HOOCC_6H_4COOH$
 B. HOC_6H_4COOH
 C. $HOCH_2COOH$
 D. C_6H_5COOH
 E. $C_6H_5CH{=}CH_2$

22. Monomer penyusun karet alam adalah
 A. butadiena
 B. isoprena
 C. etilena
 D. stirena
 E. isoprena dan stirena

23. Contoh plastik termoset ialah
 A. bakelit
 B. PVC
 C. neoprena
 D. polietilena
 E. polipropilena

24. Pasangan polimer yang terbentuk melalui reaksi kondensasi adalah
 A. polistirena dan polietilena
 B. polisakarida dan polistirena
 C. polipeptida dan polipropilena
 D. polivinilklorida dan polistirena
 E. poliester dan poliamida

25. Perhatikan tabel di bawah ini.

No.	Polimer	Monomer	Jenis Polimerisasi
1.	Protein	Asam amino	Kondensasi
2.	Polietilena	Propena	Adisi
3.	Karet alam	Isoprena	Kondensasi
4.	PVC	Vinilklorida	Kondensasi
5.	Amilum	Glukosa	Adisi

Berdasarkan data di atas, pasangan yang paling tepat dari ketiga komponen tersebut ditunjukkan oleh nomor

A. 5
B. 4
C. 3
D. 2
E. 1

26. Berikut ini yang merupakan pasangan polimer sintetik adalah

A. PVC dan protein
B. PVC dan nilon
C. karet dan amilum
D. poliester dan isoprena
E. isoprena dan polistirena

27. Protein adalah polimer dari asam alfa amino. Gugus fungsi yang terdapat dalam molekul asam alfa amino adalah

A. –OH dan $–NH_2$
B. –CO dan $–NH_2$
C. –COOH dan $–NH_2$
D. NH_3 dan –COOH
E. –OH dan –COOH

28. Struktur yang disebut ikatan peptida adalah

A. –CO–NH–
B. $–CO–NH_2$
C. $NH_3–CO–O–$
D. –CO–O–NH–
E. –NH–CO–O–

29. Data hasil percobaan uji protein sebagai berikut.

Nama Bahan	Tes		
	Biuret	Xantoproteat	Pb-asetat
Putih telur	Ungu	Jingga	Hitam
Susu	Ungu	-	-
Tahu	Ungu	-	-
Ikan	Ungu	Jingga	-

Berdasarkan data di atas, protein yang mengandung gugus inti benzena adalah

A. susu dan ikan
B. putih telur dan ikan
C. susu dan tahu
D. susu dan putih telur
E. tahu dan ikan

30. Protein adalah suatu makromolekul yang komponen utamanya adalah
 A. karbohidrat
 B. hidrokarbon
 C. lipida
 d. asam amino
 e. asam nukleat

31. Hidrolisis lemak menghasilkan
 A. gliserol
 B. asam-asam amino
 C. gliserol dan asam karboksilat
 D. gliserol dan sabun
 E. gliserol dan asam amino

32. Dalam tubuh terdapat berbagai jenis lipid, seperti lemak, fosfolipid, dan steroid. Lipid yang berfungsi sebagai sumber energi adalah
 A. lemak
 B. fosfolipid
 C. steroid
 D. lemak dan fosfolipid
 E. fosfolipid dan steroid

33. Fosfolipid dapat mengemulsikan lemak dalam air karena fosfolipid bersifat
 A. hidrofil
 B. hidrofob
 C. amfoter
 D. amfilik
 E. netral

34. Proses pengolahan margarin dari minyak nabati adalah
 A. adisi dengan hidrogen
 B. hidrolisis dengan NaOH
 C. reaksi dengan logam Na
 D. esterifikasi dengan gliserol
 E. oksidasi dengan gas oksigen

35. Reaksi manakah yang dapat digunakan untuk memperoleh gliserol dari lemak?
 A. esterifikasi
 B. netralisasi
 C. reduksi
 D. hidrolisis
 E. oksidasi

36. Hasil reaksi lemak dengan natrium hidroksida adalah
 A. alkohol dan asam
 B. gliserol dan sabun
 C. ester dan sabun
 D. gliserol dan ester
 E. glikol dan sabun

37. Energi bagi kehidupan antara lain diperoleh dari metabolisme bahan makanan dalam tubuh, misalnya yang mengandung karbohidrat. Senyawa berikut yang termasuk karbohidrat adalah
 A. asam lemak
 B. trigliserida
 C. pati
 D. polipeptida
 E. asam nukleat

38. Hasil pengujian suatu larutan sejenis karbohidrat sebagai berikut.
 1) Dengan larutan I_2, warna I_2 tetap.
 2) Dengan larutan Fehling/Benedict, tidak bereaksi.
 3) Hasil hidrolisisnya mempunyai rasa lebih manis.
 4) Pada hidrolisis terjadi perubahan pemutaran bidang polarisasi dari kanan ke kiri.

 Karbohidrat yang terdapat dalam larutan itu adalah
 A. glikogen
 B. maltosa
 C. laktosa
 D. sukrosa
 E. fruktosa

39. Diberikan data hasil eksperimen uji bahan makanan sebagai berikut.

Bahan Makanan	Warna Bahan Makanan Setelah Ditambah	
	Pereaksi Yodium	Pereaksi Fehling
K	biru	merah bata
L	kuning kecokelatan	biru
M	biru	merah bata
N	kuning kecokelatan	merah bata
O	merah	biru

 Bahan makanan yang mengandung amilum adalah
 A. K dan M
 B. K dan O
 C. L dan N
 D. M dan O
 E. N dan O

40. Asam amino berikut ini termasuk asam amino esensial, ***kecuali***
 A. valin
 B. leusin
 C. arginin
 D. glisin
 E. treonin

II. Kerjakan soal-soal berikut ini dengan benar!

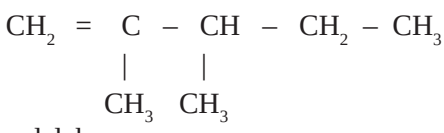
1. Tuliskan rumus struktur dari:
 a. orto–xilena
 b. meta–xilena
2. Fenol bereaksi cepat dengan brom dalam larutan air dan menghasilkan 2,4,6–tribromofenol. Tuliskan rumus struktur senyawa produk tersebut!
3. Tidak seperti alkohol, fenol merupakan asam lemah dalam larutan air. Mengapa demikian?
4. Jelaskan perbedaan di antara pasangan istilah berikut.
 a. Polimerisasi adisi dan polimerisasi kondensasi
 b. Polimer alam dan polimer sintetik
5. Tuliskan struktur polimer berikut.
 a. Poliisoprena
 b. Polipropilena

6. Sebutkan beberapa polimer penting dalam kehidupan sehari-hari dan kegunaannya!
7. Protein merupakan polimer adisi ataukah polimer kondensasi? Jelaskan!
8. Apa yang dimaksud dengan asam amino esensial? Berikan beberapa contoh!
9. Mengapa asam amino bersifat amfoter? Tuliskan persamaan reaksinya!
10. Sebutkan uji untuk pengenalan protein!
11. Glukosa dan fruktosa memiliki rumus molekul yang sama.
 a. Tuliskan rumus molekul glukosa dan fruktosa tersebut!
 b. Apakah perbedaan antara glukosa dengan fruktosa?
12. Apakah yang dimaksud dengan:
 a. mutarotasi
 b. inversi gula tebu
13. Sebutkan beberapa contoh polisakarida dan kegunaannya!
14. Mengapa kelarutan glukosa dalam air tinggi dan kelarutan hidrokarbon induknya rendah?
15. Jelaskan perbedaan antara lemak dan minyak!
16. Jelaskan perbedaan antara asam lemak jenuh dengan asam lemak tak jenuh!
17. Tuliskan beberapa asam lemak jenuh dan tak jenuh beserta rumus strukturnya!
18. Tuliskan reaksi hidrolisis gliseril tripalmitat!
19. Sebutkan uji untuk pengenalan lemak!
20. Sebutkan beberapa kegunaan dari lemak dalam kehidupan sehari-hari!

Latihan Ulangan Umum Semester 2

Pilih satu jawaban paling benar di antara pilihan jawaban A, B, C, D, atau E! Untuk soal yang memerlukan hitungan, jawablah dengan uraian jawaban beserta cara mengerjakannya!

1. Senyawa dengan rumus molekul $C_4H_{10}O$ termasuk kelompok senyawa
 A. aldehida
 B. ester
 C. eter
 D. alkanon
 E. asam karboksilat
2. 2-propanol berisomer gugus fungsi dengan
 A. dimetil eter
 B. propanon
 C. asam propionat
 D. dietil eter
 E. 1-propanol
3. Senyawa yang merupakan alkena adalah
 A. C_5H_{12}
 B. C_4H_8
 C. C_6H_{10}
 D. C_6H_{14}
 E. C_5H_8
4. Senyawa yang termasuk alkohol tersier adalah
 A. 2-metil-1-propanol
 B. 2-metil-2-propanol
 C. isobutil alkohol
 D. 3-metil-2-butanol
 E. isopentil alkohol
5. Senyawa alkohol yang jika dioksidasi menghasilkan alkanon adalah
 A. 2-metil-1-butanol
 B. 2-metil-2-propanol
 C. 3-metil-2-butanol
 D. 2,3-dimetil-2-butanol
 E. 2,3,3-trimetil-1-butanol
6. Senyawa propanoat diperoleh dengan mengoksidasi
 A. dimetil ester
 B. 2-propanol
 C. etanol
 D. propanon
 E. dietil eter
7. Nama yang tepat untuk senyawa:



 adalah
 A. 2,3-metil-1-pentena
 B. 2,3-dimetil-2-pentena
 C. 2,2-dimetil 1-pentena
 D. 2,3-dimetil-1-pentena
 E. 2-metil-3-etil-1-pentena

8. Reaksi perubahan etanol menjadi etilklorida termasuk reaksi

A. adisi
B. substitusi
C. eliminasi
D. oksidasi
E. reduksi

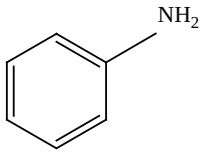
9. Berikut ini yang ***bukan*** merupakan isomer 4-metil-2-heptuna adalah
A. 1-oktuna
B. 5-metil-1-heptuna
C. 3-metil-1-heptuna
D. 3-metil-2-heptuna
E. 4,4-dimetil-2-heksuna

10. Reaksi dari asam propanoat dengan metanol menghasilkan senyawa
A. lemak
B. keton
C. ester
D. aldehida
E. alkohol

11. Rumus molekul benzena adalah
A. C_4H_4
B. C_5H_5
C. C_6H_6
D. C_7H_7
E. C_8H_8

12. Hidrogenasi benzena menghasilkan senyawa
A. siklobutana
B. siklopentana
C. sikloheksana
D. sikloheptana
E. sikloheksatriena

13. Nama dari senyawa berikut adalah



A. fenol
B. toluena
C. asam benzoat
D. anilin
E. benzofenon

14. Nitrobenzena dibuat melalui reaksi benzena dengan
A. halogen
B. HNO_3
C. H_2SO_4
D. CH_3Cl
E. SO_3

15. Turunan benzena yang dimanfaatkan sebagai pengawet makanan adalah
A. fenol
B. toluena
C. anilin
D. asam benzoat
E. asam salisilat

16. Turunan benzena yang digunakan sebagai polimer pada pembuatan plastik adalah
A. fenol
B. benzaldehida
C. stirena
D. natrium benzoat
E. *p*-xilena

17. Pipa dibuat dari polimer polivinilklorida (PVC). Monomer polivinilklorida (PVC) adalah

A. $CH_2 = CH_2$
B. $CH_2 = CHCl$
C. $CH_2 = CHCN$
D. $CF_2 = CF_2$
E. C_6H_5OH

18. Alat masak teflon dibuat dari monomer … .
A. $CH_2 = CH_2$
B. $CH_2 = CHCl$
C. $CH_2 = CHCN$
D. $CF_2 = CF_2$
E. C_6H_5OH

19. Nama asam lemak dengan rumus molekul $C_{15}H_{31}COOH$ adalah … .
A. asam palmitat
B. asam stearat
C. asam oleat
D. asam linoleat
E. asam laurat

20. Yang ***bukan*** merupakan asam lemak adalah … .
A. asam palmitoleat
B. asam butirat
C. asam oleat
D. asam benzoat
E. asam linoleat

21. Untuk menguji adanya gliserol dalam minyak digunakan uji
A. amilum
B. peroksida
C. akrolein
D. Molisch
E. iodin

22. Reaksi pembuatan sabun dengan mereaksikan
A. gliserol dan lemak
B. lemak dan NaOH
C. asam lemak dan KOH
D. asam benzoat dan NaOH
E. asam karboksilat dan alkohol

23. Hidrolisis laktosa menghasilkan
A. glukosa dan fruktosa
B. glukosa dan galaktosa
C. maltosa dan glukosa
D. galaktosa dan fruktosa
E. maltosa dan galaktosa

24. Uji iodin pada polisakarida menghasilkan warna cokelat merah. Polisakarida tersebut adalah
A. amilum
B. galaktosa
C. selulosa
D. sukrosa
E. glikogen

25. Protein adalah suatu makromolekul yang komponen utamanya adalah
A. karbohidrat
B. asam amino
C. hidrokarbon
D. asam nukleat
E. lipida

26. Berikut ini yang ***bukan*** merupakan asam amino adalah
A. glisin
D. tirosin

B. alanin
C. anilin
E. lisin

27. Berikut ini merupakan asam amino esensial, ***kecuali***
A. valin
B. leusin
C. isoleusin
D. treonin
E. serin

28. Berikut ini merupakan asam amino nonesensial, ***kecuali*** … .
A. asam glutamat
B. tirosin
C. sistein
D. histidin
E. prolin

29. Uji xantoproteat pada protein untuk menguji bahwa pada protein mengandung ….
A. alkohol
B. asam karboksilat
C. fenil
D. belerang
E. aldehida

30. Asam amino bersifat amfoter karena mengandung … .
A. – COOH dan $-NH_2$
B. – OH dan $-NH_2$
C. – OH dan – COOH
D. – O – dan $-NH_2$
E. – O – dan – COOH

Glosarium

alkali: sebutan untuk unsur-unsur golongan IA.

alkali tanah: sebutan untuk unsur-unsur golongan IIA.

alotropi: bentuk-bentuk yang berbeda dari unsur yang sama.

alkohol primer: alkohol yang gugus fungsinya (–OH) terikat pada atom C primer.

alkohol sekunder: alkohol yang gugus fungsinya (–OH) terikat pada atom C sekunder.

alkohol tersier: alkohol yang gugus fungsinya (–OH) terikat pada atom C tersier.

anestetik: sebutan untuk obat bius.

asetaldehida: sebutan untuk etanal.

asam salisilat: nama lazim dari asam o-hidroksibenzoat. Ester dari asam salisilat dengan asam asetat digunakan sebagai obat dengan nama aspirin atau asetosal.

asam lemak jenuh: asam lemak yang semua ikatan atom karbon pada rantai karbonnya berupa ikatan tunggal (jenuh).

asam lemak tak jenuh: asam lemak yang mengandung ikatan rangkap pada rantai karbonnya.

asam amino: asam karboksilat yang mempunyai gugus amino ($–NH_2$).

asam amino esensial: asam amino yang tidak dapat dibuat dalam tubuh.

asam amino nonesensial: asam amino yang dapat dibuat dalam tubuh.

bilangan penyabunan: bilangan yang menyatakan jumlah miligram KOH yang dibutuhkan untuk menyabun satu gram lemak atau minyak.

bilangan yodium: bilangan yang menyatakan banyaknya gram yodium yang dapat bereaksi dengan 100 gram lemak..

cassitente: nama dari SnO_2.

diamagnetik: sifat ditolak oleh medan magnet.

etilen glikol: senyawa alkohol yang mempunyai dua gugus –OH.

essens: aroma buah-buhan yang dibuat dari senyawa ester yang aromanya bermacam-macam tergantung ester penyusunnya.

fraksi mol: menyatakan perbandingan mol suatu zat dengan jumlah mol campuran.

fruktosa: suatu ketoheksosa yang mempunyai sifat memutar cahaya terpolarisassi ke kiri, karenanya disebut juga levulosa.

gugus fungsi: atom atau gugus atom yang menjadi ciri khas suatu deret homolog

gliserol: senyawa alkohol yang mempunyai tiga gugus –OH.

grek: mol elektron dari suatu reaksi, yang sama dengan perubahan biloks 1 mol zat.

glukosa: suatu aldoheksosa dan sering disebut dekstrosa karena mempunyai sifat dapat memutar cahaya terpolarisasi ke arah kanan.

halogen: unsur-unsur golongan VIIA yang dapat membentuk garam jika bereaksi dengan logam.

haloalkana: senyawa turunan alkana di mana satu atau lebih atom H diganti dengan atom halogen.

hipotonik: larutan yang mempunyai tekanan osmotik lebih kecil dibandingkan larutan yang lain.

hipertonik: larutan yang mempunyai tekanan osmotik lebih besar dibandingkan larutan yang lain.

homopolimer: polimer hasil reaksi monomer yang sejenis.

isotonik: larutan yang memiliki tekanan osmotik sama.

keisomeran posisi: keisomeran yang terjadi karena perbedaan letak gugus fungsi.

keisomeran optik: keisomeran optik berkaitan dengan sifat optik, yaitu kemampuan suatu senyawa untuk dapat memutar bidang cahaya terpolarisasi.

korosi: proses teroksidasinya suatu logam dalam kehidupan sehari-hari, besi yang teroksidasi disebut dengan karat dengan rumus $Fe_2O_3.xH_2O$.

kenaikan titik didih (ΔT_b)*:* selisih titik didih larutan dengan titik didih pelarut.

kopolimer: polimer hasil reaksi monomer-monomer yang lebih dari sejenis.

lemak: ester dari gliserol dengan asam-asam karboksilat suku tinggi (asam lemak).

mineral: bahan-bahan alam yang mengandung unsur atau senyawa tertentu.

molalitas: menyatakan jumlah mol zat terlarut dalam 1 kg (1.000 gram) pelarut.

osmosis: peristiwa perpindahan pelarut dari larutan yang konsentrasinya lebih kecil (encer) ke larutan yang konsentrasinya lebih besar (pekat) melalui membran semipermeabel.

paramagnetik: sifat ditarik oleh medan magnet.

proses Downs: elektrolisis lelehan NaCl (titik lebur 800 °C) ditambah 58% $CaCl_2$ dan KF untuk menurunkan suhu lebur hingga 505 °C.

penurunan titik beku (ΔT_f)*:* selisih antara titik beku pelarut dengan titik beku larutan.

polimer: molekul raksasa yang terbentuk dari gabungan molekul-molekul sederhana (monomer).

polimerisasi: reaksi pembentukan polimer.

polimerisasi adisi: reaksi polimerisasi di mana terjadi perkaitan langsung antar-monomer berdasarkan reaksi adisi.

polimerisasi kondensasi: reaksi polimerisasi di mana monomer-monomer saling berkaitan dengan melepas molekul kecil, seperti H_2O dan metanol.

polimer termoplastik: polimer yang bersifat kenyal (liat) apabila dipanaskan dan dapat dibentuk menurut kehendak kita.

polimer termoset: polimer yang pada mulanya kenyal ketika dipanaskan, tetapi sekali didinginkan tidak dapat dilunakkan lagi sehingga tidak dapat diubah menjadi bentuk lain.

proses pengerasan: proses konversi minyak menjadi lemak dengan jalan hidrogenasi.

protein: polimer dari sekitar 20 jenis asam α -amino di mana massa molekul relatifnya berkisar antara 6.000 sampai jutaan dan unsur utama penyusun protein adalah C, H, O, dan N.

reaksi substitusi: reaksi penggantian satu atom atau gugus atom dalam suatu molekul oleh sebuah atom lain.

reaksi adisi: reaksi pengubahan ikatan rangkap suatu molekul (alkena atau alkuna) menjadi ikatan tunggal.

reaksi reduksi: reaksi penangkapan elektron atau reaksi terjadinya penurunan bilangan oksidasi.

reaksi oksidasi: reaksi pelepasan elektron atau reaksi terjadinya kenaikan bilangan oksidasi.

sifat koligatif larutan: sifat larutan yang hanya bergantung pada jumlah partikel zat terlarut dan tidak bergantung pada jenis zat terlarut.

TEL (*Tetra Ethyl Lead*): zat aditif yang ditambahkan ke dalam bensin untuk menaikkan bilangan oktan.

tekanan uap jenuh: tekanan uap yang ditimbulkan pada saat tercapai kondisi kesetimbangan.

titik didih: suhu pada saat tekanan uap jenuh zat cair tersebut sama dengan tekanan luar.

tekanan osmotik: besarnya tekanan yang harus diberikan pada suatu larutan untuk mencegah mengalirnya molekul-molekul pelarut ke dalam larutan melalui membran semipermeabel.

trigliserida: nama lazim dari lemak.

uji akrolein: uji akrolein digunakan untuk mengetahui adanya gliserol dalam lemak.

uji peroksida: uji untuk mengetahui proses ketengikan oksidatif pada lemak yang mengandung asam lemak tak jenuh.

Indeks

a
autoredoks (25, 26)
anode (28, 31, 32, 34)
afinitas elektron (59, 60)
alkali (61, 62, 63, 90, 92)
 sifat kimia alkali (62)
 sifat fisis alkali (62)
alkali tanah (63, 64, 65, 90, 91)
 sifat kimia alkali tanah (64)
 sifat fisis alkali tanah (63, 64)
aluminium (71, 72)
alotropi (75)
asam nitrat (78)
alkohol (94, 95)
 alkohol primer (96, 125)
 alkohol sekunder (96, 125)
 alkohol tersier (96, 125)
asam karboksilat (95, 117)
 sifat asam karboksilat (119)
alkilasi (141)
asilasi (141)
asam salisilat (142)
asam lemak (149)
 asam lemak jenuh (149)
 asam lemak tak jenuh (149)
aktivitas optik (156)
amilum (158)
asam amino (161)
 asam amino esensial (162, 167)
 asam amino nonesensial (162, 167)
b
bilangan oksidasi (21, 24, 27, 50)
bijih (56, 90)
besi (72)
blast furnace (72)
belerang (81)
benzena (136, 137, 138, 166)
 benzena tersubstitusi (139)
 sifat benzena (140, 141)
bilangan penyabunan (151, 166)
bilangan yodium (152, 153, 166)
c
cassitente (74)
d
deret volta (33, 34, 37)
degradasi Edman (163)
dry ice (76)
e
elektrolisis (39, 47, 52, 53, 54, 71, 83, 84)
eter (94, 95, 105)
 sifat eter (106)
 pembuatan eter (106)
ester (95, 117, 121, 122)
etanol (102, 103)
etilen glikol (104)
f
fraksi mol (2, 4, 5, 7, 15)
faktor van't Hoff (12)
Faraday (43, 44, 45, 46, 49, 51)
Fisher (155)
fluks (72, 91)
fosforus (79)
Fehling (110)
fenol (138, 143)
g
Galvani (28)
grek (43)
grafit (75)
gugus fungsi (94, 125)
gliserol (104)
gula inversi (158)
gula pereduksi (159)
h
hukum Roult (7)
hipotonik (11)
hipertonik (11)
halogen (57, 83, 90)
 struktur halogen (58)
 wujud halogen (58)
 kereaktifan halogen (59)
 daya oksidasi halogen (61)
 halogenasi (141, 152)
Haworth (156)
hidrologi (87, 92)
homopolimer (145)

i
isotonik (11, 12, 13)
ion berwarna (68)
intan (75)
isomer (99, 115, 123, 127)
 isomer posisi (99)
 isomer optik (99)
 isomer fungsi (100, 105)
j
jembatan garam (24)
k
koligatif (2, 5, 12, 15, 19)
katode (28, 31, 32, 34, 37)
korosi (36, 37, 70)
kelimpahan unsur (56, 57)
kemagnetan (68)
karbon (75, 76)
keton (95, 107, 111, 113)
 sifat kimia keton (113)
 sifat fisis keton (113)
karbohidrat (155)
m
molalitas (2, 3, 15)
membran semipermeabel (10, 11)
mineral (56)
magnesium (70)
metanol (102)
monosakarida (156, 167)
n
natrium (69)
nitrogen (77, 78)
nitrasi (141)
o
oksidasi (21, 33, 50, 69)
oligosakarida (157, 167)
p
potensial elektrode (29, 30, 31, 52, 54)
potensial sel (31, 53)
proteksi katodik (37, 54, 73)
penyepuhan (47, 48)
pemurnian logam (48)
proses Downs (69, 70)
proses Hall (71)
peleburan besi (72, 73)
proses Oswalt (78)
proses kontak (82)
proses bilik timbal (82)
proses Deacon (83)
perunut (86)
polialkohol (103)
polimerisasi (144)
 polimerisasi adisi (144)
 polimerisasi kondensasi (144)
polimer (145)
 polimer alam (145)
 polimer sintetik (145)
PVC (146)
PMMA (146)
polisakarida (157, 167)
protein (160, 161, 163, 164, 167)
peptida (163)
r
reduksi (21, 33)
reaksi pendesakan (61)
radioaktif (85)
radiasi (85, 88)
rayon (159)
s
sel elektrokimia (28)
sel volta (28, 34, 39, 51, 52)
sel aki (36, 51)
silikon (77)
sinar alfa (85, 92)
sinar beta (86)
sinar gama (86)
sulfonasi (142)
sifat lemak (150, 151)
selulosa (158, 159)
t
tekanan uap (2, 5, 6, 7, 8, 15, 17, 19)
titik didih (2, 5, 8, 9, 10, 13, 15, 16, 18, 19)
titik beku (2, 5, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19)
tekanan osmotik (2, 5, 10, 11, 16,1 8, 19)
tembaga (74)
timah (74)
Tollens (110)
toluena (138, 140, 143)
u
unsur periode ketiga (66, 91)
 sifat fisis unsur periode ketiga (66)
 sifat kimia unsur periode ketiga (67)
unsur transisi (68, 91)
uji Molisch (159)
uji xantoproteat (165, 167)

Indeks Penulis

Brady 6, 9, 31, 35, 36, 61, 62, 73
Fessenden 153, 158
Fieser 131
Gillespie 35, 38, 41, 43, 45, 48
Kotz 11, 29, 37, 113, 118, 121, 122, 129, 135, 136, 153, 164, 178, 180
Keenan 44, 62, 63, 65, 67, 72, 113, 132, 136, 175
Martin 23, 24, 29, 34, 35, 39, 74, 77, 92, 161, 173
Murry 62, 64, 66, 67, 68, 69, 72
Oxtoby 74, 75, 78, 79
Ralph Petrucci 61, 62
Sri Lestari 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81
Ted Lister 25, 31

Daftar Pustaka

Austin, Goerge T. E. Jasjfi. 1996. *Industri Proses Kimia*. Jakarta: Erlangga.

Brady, James E. (Sukmariah Maun).1999. *Kimia Universitas Asas dan Struktur*. Edisi Kelima. Jilid Satu. Jakarta: Binarupa Aksara.

Brady, James E. (Sukmariah Maun).1999. *Kimia Universitas Asas dan Struktur*. Edisi Kelima. Jilid Dua. Jakarta: Binarupa Aksara.

Hart, Harold (Suminar Achmadi). 1990. *Kimia Organik Suatu Kuliah Singkat* (terjemahan). Jakarta: Erlangga.

Kus Sri Martini. 1988. *Prakarya Kimia*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

Laidler, Keith J. 1966. *Principles of Chemistry*. USA: Harcourt, Brace and World Inc.

Lestari, S. 2004. *Mengurai Susunan Periodik Unsur Kimia*. Kawan Pustaka.

Lister, Ted and Renshaw, Janet. 2000. *Chemistry For Advanced Level*, Third Edition. London: Stanley Thornes Publishers Ltd.

Markham, Edwin C and Smith, Sherman E. 1954. *General Chemistry. USA: The Riberside Press Cambridge*, Massa Chusetts.

Masterton, William L and Slowinski, Emil J. 1977. *Chemical Principles*. West Washington Square: WB. Sounders Company.

Mc. Tigue, Peter. 1986. *Chemistry Key To The Earth*, Second Edition. Australia: Melbourne University Press.

Morris Hein. 1969. *Foundations of College Chemistry*. California: Dickenson Publishing Company Inc.

Petrucci, Ralph H. (SuminarAchmadi).1985. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern* Edisi Keempat Jilid 1. Jakarta: Erlangga.

Petrucci, Ralph H. (SuminarAchmadi).1985. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern* Edisi Keempat Jilid 2. Jakarta: Erlangga.

Pierce, Conway and Smith, R. Nelson. 1971. *General Chemistry Workbook How To Solve Chemistry Problems*. New York: W. H. Freeman and Company.

Russell, John B. 1981. *General Chemistry*. USA: Mc Graw Hill Inc.

Schaum, Daniel B. S. 1966. *Schaum's Outline of Theory and Problems of College Chemistry*. USA: Mc Graw Hill Book Company.

Silberberg, Martin S. 2000. *Chemistry The Molecular Nature of Matter and Change*, Second edition. USA: Mc. Graw Hill Companies.

Snyder, Milton K. 1966. *Chemistry Structure and Reactions*. USA: Holt, Rinehart and Winston Inc.

Stanitski, Conrad L. 2000. *Chemistry in Context Applying Chemistry To Society*, Third Edition. USA: Mc. Graw Hill Companies.

Tri Redjeki. 2000. *Petunjuk Praktikum Kimia Dasar I*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

Wertheim, Jane. (Agusniar Trisnamiati). *Kamus Kimia Bergambar* (terjemahan). Jakarta: Erlangga.

Wood, Jesse H; Keenan, Charles W and Bull, William E. 1968. *Fundamentals of College Chemistry*, Second Edition. USA: Harper and Row Publishers.

www.yahooimage.com

www.invir.com

www.kompas.com

www.solopos.net

www.tabloidnova.com

www.chem-is-try.org

Lampiran

Tabel Potensial Reduksi Standar (25 °C)

E^o (volt)	Reaksi Setengah Sel
+2,87	$F_2(g) + 2\ e^- \rightleftharpoons 2\ F^-(aq)$
+2,08	$O_{3(g)} + 2\ H^+(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons O_2(g) + H_2O$
+2,00	$S_2O_8^{2-}(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons 2\ SO_4^{2-}(aq)$
+1,82	$Co^{3+}(aq) + e^- \rightleftharpoons Co^{2+}(aq)$
+1,78	$H_2O_2(aq) + 2\ H^+(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons 2\ H_2O$
+1,695	$MnO_4^-(aq) + 4\ H^+(aq) + 3\ e^- \rightleftharpoons MnO_2(s) + 2\ H_2O$
+1,69	$PbO_2(s) + SO_4^{2-}(aq) + 4\ H^+(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons PbSO_4(s) + 2\ H_2O$
+1,63	$2\ HOCl(aq) + 2\ H^+(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons Cl_2(g) + 2\ H_2O$
+1,51	$Mn^{3+}(aq) + e^- \rightleftharpoons Mn^{2+}(aq)$
+1,49	$MnO_4^-(aq) + 8\ H^+(aq) + 5\ e^- \rightleftharpoons Mn^{2+}(aq) + 4\ H_2O$
+1,47	$2\ ClO_3^-(aq) + 12\ H^+(aq) + 10\ e^- \rightleftharpoons Cl_2(g) + 6\ H_2O$
+1,46	$PbO_2(s) + 4\ H^+(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2\ H_2O$
+1,44	$BrO_3^-(aq) + 6\ H^+(aq) + 6\ e^- \rightleftharpoons Br^-(aq) + 3\ H_2O$
+1,42	$Au^{3+}(aq) + 3\ e^- \rightleftharpoons Au(s)$
+1,36	$Cl_2(g) + 2\ e^- \rightleftharpoons 2\ Cl^-(aq)$
+1,33	$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14\ H^+(aq) + 6\ e^- \rightleftharpoons 2\ Cr^{3+}(aq) + 7\ H_2O$
+1,28	$MnO_2(s) + 4\ H^+(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons Mn^{2+}(aq) + 2\ H_2O$
+1,24	$O_3(g) + H_2O + 2\ e^- \rightleftharpoons O_2(g) + 2\ OH^-(aq)$
+1,23	$O_2(g) + 4\ H^+(aq) + 4\ e^- \rightleftharpoons 2\ H_2O$
+1,20	$Pt^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons Pt(s)$
+1,09	$Br_2(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons 2\ Br^-(aq)$
+0,96	$NO_3^-(aq) + 4\ H^+(aq) + 3\ e^- \rightleftharpoons NO(g) + 2\ H_2O$
+0,94	$NO_3^-(aq) + 3\ H^+(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons HNO_2(aq) + H_2O$
+0,91	$2\ Hg^{2+}_{(aq)} + 2\ e^- \rightleftharpoons Hg_2^{2+}{}_{(aq)}$
+0,87	$HO_2^-(aq) + H_2O + 2\ e^- \rightleftharpoons 3\ OH^-(aq)$
+0,80	$NO_3^-(aq) + 4\ H^+(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons 2\ NO_2(g) + 2\ H_2O$

E^o (volt)	Reaksi Setengah Sel
+0,80	$Ag^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Ag(s)$
+0,77	$Fe^{3+}(aq) + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}(aq)$
+0,69	$O_2(g) + 2\ H^+(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons H_2O_2(aq)$
+0,54	$I_2(s) + 2\ e^- \rightleftharpoons 2\ I^-(aq)$
+0,52	$Cu^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Cu(s)$
+0,49	$NiO_2(s) + 2\ H_2O + 2\ e^- \rightleftharpoons Ni(OH)_2(s) + 2\ OH^-(aq)$
+0,45	$SO_2(aq) + 4\ H^+(aq) + 4\ e^- \rightleftharpoons S(s) + 2\ H_2O$
+0,401	$O_2(g) + 2\ H_2O + 4\ e^- \rightleftharpoons 4\ OH^-(aq)$
+0,34	$Cu^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons Cu(s)$
+0,27	$Hg_2Cl_2(s) + 2\ e^- \rightleftharpoons 2\ Hg(l) + 2\ Cl^-(aq)$
+0,25	$PbO_2(s) + H_2O + 2\ e^- \rightleftharpoons PbO(s) + 2\ OH^-(aq)$
+0,2223	$AgCl(s) + e^- \rightleftharpoons Ag(s) + Cl^-(aq)$
+0,172	$SO_4^{2-}(aq) + 4\ H^+(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons H_2SO_3(aq) + H_2O$
+0,169	$S_4O_6^{2-}(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons 2\ S_2O_3^{2-}(aq)$
+0,16	$Cu^{2+}(aq) + e^- \rightleftharpoons Cu^+(aq)$
+0,15	$Sn^{4+}(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons Sn^{2+}(aq)$
+0,14	$S(s) + 2\ H^+(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons H_2S(g)$
+0,07	$AgBr(s) + e^- \rightleftharpoons Ag(s) + Br^-(aq)$
0,00	$2\ H^+(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons H_2(g)$
–0,04	$Fe^{3+}(aq) + 3\ e^- \rightleftharpoons Fe(s)$
–0,13	$Pb^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons Pb(s)$
–0,14	$Sn^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons Sn(s)$
–0,15	$AgI(s) + e^- \rightleftharpoons Ag(s) + I^-(aq)$
–0,25	$Ni^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons Ni(s)$
–0,28	$Co^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons Co(s)$
–0,34	$In^{3+}(aq) + 3\ e^- \rightleftharpoons In(s)$
–0,34	$Tl^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Tl(s)$
–0,36	$PbSO_4(s) + 2\ e^- \rightleftharpoons Pb(s) + SO_4^{2-}(aq)$
–0,40	$Cd^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons Cd(s)$
–0,44	$Fe^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons Fe(s)$
–0,56	$Ga^{3+}(aq) + 3\ e^- \rightleftharpoons Ga(s)$
–0,58	$PbO(s) + H_2O + 2\ e^- \rightleftharpoons Pb(s) + 2\ OH^-(aq)$

E^o (volt)	Reaksi Setengah Sel
–0,74	$Cr^{3+}(aq) + 3\ e^- \rightleftharpoons Cr(s)$
–0,76	$Zn^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons Zn(s)$
–0,81	$Cd(OH)_2(s) + 2\ e^- \rightleftharpoons Cd(s) + 2\ OH^-(aq)$
–0,83	$2\ H_2O + 2\ e^- \rightleftharpoons H_2(g) + 2\ OH^-(aq)$
–0,88	$Fe(OH)_2(s) + 2\ e^- \rightleftharpoons Fe(s) + 2\ OH^-(aq)$
–0,91	$Cr^{2+}(aq) + e^- \rightleftharpoons Cr(s)$
–1,03	$Mn^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons Mn(s)$
–1,16	$N_2(g) + 4\ H_2O + 4\ e^- \rightleftharpoons N_2O_4(aq) + 4\ OH^-(aq)$
–1,18	$V^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons V(s)$
–1,216	$ZnO_2^-(aq) + 2\ H_2O + 2\ e^- \rightleftharpoons Zn(s) + 4\ OH^-(aq)$
–1,63	$Ti^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons Ti(s)$
–1,67	$Al^{3+}(aq) + 3\ e^- \rightleftharpoons Al(s)$
–1,79	$U^{3+}(aq) + 3\ e^- \rightleftharpoons U(s)$
–2,02	$Sc^{3+}(aq) + 3\ e^- \rightleftharpoons Sc(s)$
–2,36	$La^{3+}(aq) + 3\ e^- \rightleftharpoons La(s)$
–2,37	$Y^{3+}(aq) + 3\ e^- \rightleftharpoons Y(s)$
–2,38	$Mg^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons Mg(s)$
–2,71	$Na^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Na(s)$
–2,76	$Ca^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons Ca(s)$
–2,89	$Sr^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons Sr(s)$
–2,90	$Ba^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons Ba(s)$
–2,92	$Cs^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Cs(s)$
–2,92	$K^+(aq) + e^- \rightleftharpoons K(s)$
–2,93	$Rb^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Rb(s)$
–3,05	$Li^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Li(s)$

Kunci Soal Nomor Ganjil

Bab 1 Sifat Koligatif Larutan

I. Pilihan Ganda

1. E
3. E
5. E
7. E
9. D
11. C
13. B
15. D

II. Uraian

1. Sifat koligatif adalah sifat larutan yang tergantung pada banyaknya partikel zat terlarut dan tidak tergantung pada jenis zat terlarut.
3. 752,4 mmHg
5. 100,104 °C
7. Tekanan osmotik adalah tekanan yang diperlukan untuk menghentikan aliran air dari air murni menuju larutan.
9. Kegunaan pengukuran tekanan osmotik adalah untuk menentukan massa molekul relatif zat, khususnya untuk larutan yang sangat encer atau untuk zat yang massa molekul relatifnya sangat besar.

Bab 2 Reaksi Redoks, Elektrokimia, dan Elektrolisis

I. Pilihan Ganda

1. E
3. D
5. C
7. C
9. C
11. D
13. B
17. A
19. A
23. D

II. Uraian

1. E^o_{sel} = +1,20 V, reaksi dapat berlangsung karena harga E^o_{sel} positif.
3. Reaksi tidak dapat berlangsung.
5. A, B, C
7. 112 liter
9. 1.000 detik

Bab 3 Kimia Unsur

I. Pilihan Ganda

1. C
3. C
5. C
7. B
9. C
11. A
13. A
15. D
17. B
19. A

II. Uraian

1. Karena ikatan logam antaratomnya lemah.
3. a. Dekomposisi termal (kalsinasi)

 $CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$

 b. Reaksi CaO dengan air (*slaking*)

 $CaO(s) + H_2O(l) \rightarrow Ca(OH)_2(s)$

 c. Reaksi $Ca(OH)_2$ dengan CO_2 (karbonasi)

 $Ca(OH)_2(s) + CO_2(g) \rightarrow CaCO_3(s) + H_2O(l)$
5. Sifat-sifat halogen:
 - Dalam satu golongan, periode/kulit atom semakin ke bawah semakin besar, titik didih dan titik leleh semakin tinggi, kecuali pada HF yang punya titik didih tertinggi karena ada ikatan hidrogen.
 - Dalam satu golongan, kelarutan halogen dalam air semakin ke bawah semakin berkurang.
 - Dalam satu golongan, semakin ke atas akan semakin mudah menangkap elektron (mudah mengalami reduksi).
 - Unsur halogen selalu dalam bentuk molekul diatomik yang sangat reaktif terhadap unsur logam (membentuk garam) maupun nonlogam (membentuk senyawa logam).

 Sifat-sifat halida:
 - Dalam satu golongan, jari-jari atom semakin ke bawah akan semakin besar, sehingga gaya tarik inti akan semakin berkurang.
 - Ikatan terhadap atom H akan melemah/mudah terlepas, semakin banyak H^+ yang terlepas sehingga ikatan asam halida semakin kuat.
 - Semakin sulit menangkap elektron/sulit direduksi karena reduktor semakin kuat.

 $\xrightarrow{\Delta}$
7. 350 L
9. Karena radioisotop memiliki sifat kimia yang hampir sama dengan isotop stabil, maka reaksi kimia dari radioisotop hampir sama pula dengan reaksi kimia dari isotop stabilnya.

Latihan Ulangan Umum Semester 1

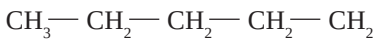
1. C	17. E	33. A	49. E
3. C	19. C	35. D	
5. C	21. E	37. E	
7. D	23. C	39. A	
9. D	25. C	41. C	
11. A	27. E	43. E	
13. D	29. D	45. B	
15. D	31. B	47. D	

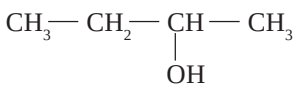
I. Pilihan Ganda

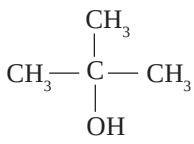
1. C	17. C	33. B	49. D
3. C	19. D	35. E	
5. B	21. E	37. C	
7. C	23. A	39. A	
9. C	25. E	41. D	
11. D	27. B	43. D	
13. E	29. A	45. A	
15. A	31. C	47. B	

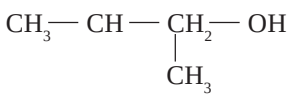
II. Uraian

1. Sebagai alkohol:

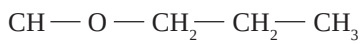

1–butanol

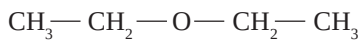

2–butanol

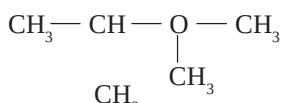

2–metil–2–propanol

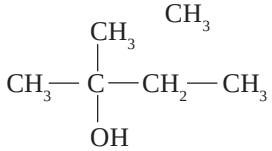

2–metil–1–propanol

Sebagai eter:


1–metoksi propana


etoksi etana


2–metoksi propana

3. 
2– metil–2–butanol

5. a. Fenol:
 - bersifat asam lemah
 - dapat bereaksi dengan NaOH

 b. Alkohol:
 - bersifat netral
 - tidak dapat bereaksi dengan NaOH

7. a. Alkohol bersifat amfoter lemah sehingga memungkinkan bereaksi dengan asam/basa kuat.

 b. Dehidrasi dengan H_2SO_4 pekat: alkohol primer mengalami dehidrasi pada suhu 180 °C, alkohol sekunder pada suhu 100 °C, dan alkohol tersier pada suhu 60 °C.

9. Manfaat alkohol, antara lain dapat digunakan sebagai bahan bakar dan pelarut disinfektan.
13. Manfaat eter, antara lain dapat digunakan sebagai pelarut zat organik dan zat pembius.
17. Contoh: metanal (formaldehida), digunakan untuk reagen dan pengawet preparat biologi dalam bentuk formalin.
19. a. adisi H_2O, ROH
 b. reduksi menjadi alkana, alkohol, atau amina
 c. oksidasi
25. pereaksi Fehling

Bab 5 Makromolekul

I. Pilihan Ganda

1. D
3. C
5. B
7. E
9. A
11. B
13. C
15. B
17. B
19. D

II. Uraian

3. Fenol dalam air bersifat asam lemah karena anion yang dihasilkan distabilkan oleh resonansi, dengan muatan negatifnya disebar (delokalisasi) oleh cincin aromatik.
7. Protein merupakan polimer kondensasi karena monomer protein, yaitu asam amino mempunyai gugus fungsi pada kedua ujung rantainya.
9. Asam amino bersifat amfoter karena mempunyai gugus asam dan gugus basa. Jika asam amino direaksikan dengan asam, maka asam amino akan menjadi suatu anion, dan sebaliknya jika direaksikan dengan basa, maka akan menjadi kation.
11. a. $C_6H_{12}O_6$
 b. Perbedaan:
 Glukosa merupakan senyawa aldoheksosa karena memiliki gugus aldehid, sedangkan fruktosa merupakan senyawa ketoheksosa karena memiliki gugus keton.

13.- Asam lemak jenuh: asam lemak yang semua ikatan atom karbon pada rantai karbonnya berupa ikatan tunggal (jenuh).
Contoh: asam laurat dan asam palmitat.
- Asam lemak tak jenuh: asam lemak yang mengandung ikatan rangkap pada rantai karbonnya.
Contoh: asam oleat dan asam linoleat.

LATIHAN ULANGAN UMUM SEMESTER 2

1. C
3. B
5. C
7. D
9. D
11. C
13. D
15. D
17. B
19. A
21. C
23. B
25. B
27. E
29. C

ISBN 978-979-068-179-8 (No.Jil.lengkap)
ISBN 978-979-068-185-9

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 Tahun 2007 tanggal 25 Juni 2007 tentang Penetapan Buku Teks yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk Digunakan dalam proses pembelajaran.

Harga Eceran Tertinggi (HET) RP. 11.642,-

Diunduh dari BSE.Mahoni.com